

ELECTROMAGNETIC-WAVE TYPE CONCENTRATION MEASURING INSTRUMENT

Patent number: JP2001083102
Publication date: 2001-03-30
Inventor: MIYANE YUJI; WATANABE KAZUHIRO
Applicant: TOKYO SHIBAURA ELECTRIC CO
Classification:
- international: G01N22/00
- european:
Application number: JP19990259555 19990913
Priority number(s): JP19990259555 19990913

Abstract of JP2001083102

PROBLEM TO BE SOLVED: To obtain a high-accuracy, small-sized, highly stable, and high- performance electromagnetic-wave type concentration measuring instrument. **SOLUTION:** An electromagnetic-wave type concentration measuring instrument measures the concentration of an object to be measured contained in a material 1 to be measured by transmitting an electromagnetic wave into a measuring pipe (or measuring container) 2 containing the material 1 and receiving the electromagnetic wave 7 transmitted through the material 1. In this case, dielectric waveguides 8a and 8b are used for an electromagnetic wave transmitter-receiver and the electromagnetic wave is directly transmitted from the waveguides 8a and 8b to the object to be measured.

Data supplied from the **esp@cenet** database - Worldwide

BEST AVAILABLE COPY

TRANSLATION
of
Japanese Patent Laid Open No. 2001-83102

CLAIMS

[Claim(s)]

[Claim 1] The electromagnetic wave which transmitted the electromagnetic wave with the electromagnetic wave transceiver vessel into measurement tubing with which the quality of a device under test exists, or a measurement container, and penetrated the inside of said quality of a device under test is received. The electromagnetic wave formality measuring device characterized by using a dielectric waveguide for said electromagnetic wave transceiver machine, and transmitting a direct electromagnetic wave to said measuring object object from the dielectric waveguide concerned in the electromagnetic wave formality measuring device which measures the concentration of the measuring object object contained in said quality of a device under test.

[Claim 2] The electromagnetic wave formality measuring device characterized by using the metal waveguide which filled up the interior with the dielectric as said dielectric waveguide in said electromagnetic wave formality measuring device according to claim 1.

[Claim 3] The electromagnetic wave formality measuring device characterized by using a NRD guide as said dielectric waveguide in said electromagnetic wave formality measuring device according to claim 1.

[Claim 4] The electromagnetic wave which transmitted the electromagnetic wave with the electromagnetic wave transceiver vessel into measurement tubing with which the quality of a device under test exists, or a measurement container, and penetrated the inside of said quality of a device under test is received. The electromagnetic wave formality measuring device characterized by inserting the quarter-wave length plate which reduces electromagnetic wave reflection between said electromagnetic wave transceiver machines and said quality of a device under test in the electromagnetic wave formality measuring device which measures the concentration of the measuring object object contained in said quality of a device under test.

[Claim 5] The electromagnetic wave formality measuring device characterized by using a dielectric rod antenna as said electromagnetic wave transceiver machine in the electromagnetic wave formality measuring device which measures the concentration of

the measuring object object which receives the electromagnetic wave which transmitted the electromagnetic wave with the electromagnetic wave transceiver vessel, and penetrated the inside of said quality of a device under test, and is contained at said quality of a device under test in measurement tubing with which the quality of a device under test exists, or a measurement container.

[Claim 6] The electromagnetic wave formality measuring device characterized by to use the electromagnetic horn which filled up the interior with the dielectric as said electromagnetic wave transceiver machine in the electromagnetic wave formality measuring device which measures the concentration of the measuring object object which receives the electromagnetic wave which transmitted the electromagnetic wave with the electromagnetic wave transceiver vessel, and penetrated the inside of said quality of a device under test, and is contained at said quality of a device under test in measurement tubing with which the quality of a device under test exists, or a measurement container.

[Claim 7] The electromagnetic wave formality measuring device characterized by to combine the dielectric lens which adjusts electromagnetic wave directivity and a refractive index to said electromagnetic wave transceiver machine in the electromagnetic wave formality measuring device which measures the concentration of the measuring object object which receives the electromagnetic wave which transmitted the electromagnetic wave with the electromagnetic wave transceiver vessel, and penetrated the inside of said quality of a device under test, and is contained at said quality of a device under test in measurement tubing with which the quality of a device under test exists, or a measurement container.

[Claim 8] The electromagnetic wave formality measuring device characterized by using a microstrip antenna as said electromagnetic wave transceiver machine in the electromagnetic wave formality measuring device which measures the concentration of the measuring object object which receives the electromagnetic wave which transmitted the electromagnetic wave with the electromagnetic wave transceiver vessel, and penetrated the inside of said quality of a device under test, and is contained at said quality of a device under test in measurement tubing with which the quality of a device under test exists, or a measurement container.

[Claim 9] The electromagnetic wave formality measuring device characterized by using a circularly-polarized-wave antenna as said electromagnetic wave transceiver machine in the electromagnetic wave formality measuring device which measures the concentration of the measuring object object which receives the electromagnetic wave which transmitted the electromagnetic wave with the electromagnetic wave transceiver

vessel, and penetrated the inside of said quality of a device under test, and is contained at said quality of a device under test in measurement tubing with which the quality of a device under test exists, or a measurement container.

[Claim 10] It is the electromagnetic wave formality measuring device characterized by said microstrip antenna being a circularly-polarized-wave antenna in said electromagnetic wave formality measuring device according to claim 8.

[Claim 11] It is the electromagnetic wave formality measuring device characterized by considering as the multilayer structure which said microstrip antenna becomes from two or more dielectric layers and two or more conductor layers in said electromagnetic wave formality measuring device according to claim 8.

[Claim 12] The electromagnetic wave which transmitted the electromagnetic wave with the electromagnetic wave transceiver vessel into measurement tubing with which the quality of a device under test exists, or a measurement container, and penetrated the inside of said quality of a device under test is received. The electromagnetic wave formality measuring device characterized by using a self-assistant opposite antenna or the antenna of a configuration similar to it as said electromagnetic wave transceiver machine in the electromagnetic wave formality measuring device which measures the concentration of the measuring object object contained in said quality of a device under test.

[Claim 13] It is the electromagnetic wave formality measuring device characterized by using said electromagnetic wave transceiver machine as a spiral antenna in said electromagnetic wave formality measuring device according to claim 12.

[Claim 14] It is the electromagnetic wave formality measuring device characterized by forming said spiral antenna in the shape of a cone in said electromagnetic wave formality measuring device according to claim 13.

[Claim 15] It is the electromagnetic wave formality measuring device characterized by constituting said spiral antenna as a microstrip antenna in said electromagnetic wave formality measuring device according to claim 13.

DETAILED DESCRIPTION

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Field of the Invention] This invention transmits an electromagnetic wave to the quality of a device under test, receives the electromagnetic wave which penetrated the inside of

the quality of a device under test, and relates to the electromagnetic wave formality measuring device which measures the concentration of the measuring object object contained in the quality of a device under test, especially increases receiving reinforcement sharply, and relates to the small electromagnetic wave formality measuring device with the high engine performance which enabled it to perform highly precise and extremely stable density measurement.

[0002]

[Description of the Prior Art] As a means to measure from the former the concentration of the measuring object object contained in the quality of a device under test, an electromagnetic wave is transmitted to the quality of a device under test, the electromagnetic wave which penetrated the inside of the quality of a device under test is received, and the method of changing into the concentration of a measuring object object the information acquired from a transmission wave and a received wave is learned.

[0003] Drawing 28 is drawing showing the example of an outline configuration of the electromagnetic wave formality measuring device by this kind of conventional method.

[0004] In drawing 28 , the quality 1 of a device under test exists in the measurement tubing (or measurement container) 2.

[0005] The electromagnetic wave transparency apertures 3a and 3b of a pair are attached in two places which the measurement tubing 2 counters.

[0006] A RF is generated from the conversion means 4 and incidence of the electromagnetic wave is carried out from transmitting antenna 6a through waveguide 5a. As waveguide, the coaxial cable for high frequency, a semi rigid cable, etc. are usually used. And the electromagnetic wave by which incidence was carried out passes along electromagnetic wave transparency aperture 3a, and penetrates the inside of the quality 1 of a device under test.

[0007] As for the transparency electromagnetic wave 7 which penetrates the inside of the quality 1 of a device under test, reinforcement and velocity of propagation change with the differences in the property of the quality 1 of a device under test. It is received by receiving-antenna 6b through electromagnetic wave transparency aperture 3b of the opposite side, and this transparency electromagnetic wave 7 is told to the conversion means 4 through waveguide 5b.

[0008] The conversion means 4 changes the information on a transmission wave and a received wave into the concentration of the measuring object object contained in the quality 1 of a device under test.

[0009] Although there is a method of using change of the electromagnetic wave rate by the measuring object object for the approach of computing concentration from the

intensity ratio of a transmission wave and a received wave to the 1st as the conversion approach here using attenuation of the electromagnetic wave by the measuring object and the 2nd, recently, the 2nd approach is applied and many approaches of detecting the phase contrast of a transmission wave and a received wave, and changing into concentration have been used.

[0010]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] However, there is a trouble as shown below in the electromagnetic wave formality measuring device by the above conventional methods.

[0011] (The 1st trouble) There is reflection at the time of carrying out incidence to different matter with which electromagnetic waves differ as the 1st trouble.

[0012] First, the characteristic impedance of the matter is introduced as theoretical preparation for explaining a trouble. It sets permeability to μ , setting the dielectric constant of the matter as ϵ , and characteristic-impedance Z is expressed with a degree type.

[0013]

[Equation 1]

$$Z = \sqrt{\frac{\mu}{\epsilon}} \quad \text{--- (1)}$$

[0014] It is the permeability in ϵ_0 and a vacuum about the dielectric constant in a vacuum μ_0 . When it carries out, it is the vacuous characteristic impedance Z_0 . It is expressed with a degree type.

[0015]

[Equation 2]

$$Z_0 = \sqrt{\frac{\mu_0}{\epsilon_0}} = 376.7 (\Omega) \quad \text{--- (2)}$$

[0016] Next, specific-inductive-capacity ϵ_r of the matter and relative permeability μ_r A degree type defines.

[0017]

[Equation 3]

$$\begin{aligned} \epsilon_r &= \epsilon / \epsilon_0 \\ \mu_r &= \mu / \mu_0 \end{aligned} \quad \text{--- (3)}$$

[0018] Specific inductive capacity epsilon of the matter, and relative permeability mu_r. When it uses, characteristic impedance Z of the matter is the characteristic impedance Z_0 in a vacuum. It uses and is expressed with a degree type.

[0019]

[Equation 4]

$$Z = Z_0 \sqrt{\frac{\mu_r}{\epsilon_r}} \quad \text{--- (4)}$$

[0020] Next, the case where an electromagnetic wave carries out incidence to the matter 2 from the matter 1 is considered.

[0021] If incidence of the electromagnetic wave is carried out to the matter 2 from the matter 1 as shown in drawing 29, a part of electromagnetic wave will be reflected by the difference in the characteristic impedance of the matter 1 and the matter 2 on the boundary of the matter 1 and the matter 2.

[0022] The permeability t and reflection factor r of an electromagnetic wave are the characteristic impedance Z_1 of the matter 1, and the characteristic impedance Z_2 of the matter 2. It uses and is expressed with a degree type.

[0023]

[Equation 5]

$$\begin{aligned} t &= \frac{2 \min(Z_1, Z_2)}{Z_1 + Z_2} \\ r &= \frac{|Z_1 - Z_2|}{Z_1 + Z_2} \end{aligned} \quad \text{--- (5)}$$

[0024] (5) Setting at a ceremony, min (Z_1 and Z_2) is Z_1 and Z_2. It is the value of the smaller one inside.

[0025] Furthermore, the case of drawing 28 which is the conventional example is

considered.

[0026] Supposing the perimeter of an antenna is air, the characteristic impedance of air is the characteristic impedance Z_0 in a vacuum. The electromagnetic wave emitted from transmitting antenna 6a since it was almost equal is a characteristic impedance Z_0 . It is transmitted and incidence of the medium is carried out to electromagnetic wave transparency aperture 3a.

[0027] Generally, the characteristic impedance of electromagnetic wave transparency aperture 3a is the characteristic impedance Z_0 in a vacuum. Since it differs, reflection of an electromagnetic wave is produced in an interface.

[0028] Next, although incidence of the electromagnetic wave which penetrated electromagnetic wave transparency aperture 3a is carried out to the quality 1 of a device under test, since the characteristic impedance of the quality 1 of a device under test generally differs from the characteristic impedance of electromagnetic wave transparency aperture 6a, it produces reflection of an electromagnetic wave too also here.

[0029] An electromagnetic wave produces reflection of an electromagnetic wave similarly hereafter between electromagnetic wave transparency aperture 3b and the air of the perimeter of receiving-antenna 6b between the quality 1 of a device under test, and electromagnetic wave transparency aperture 3b.

[0030] If all of the effect of [other than reflection of an interface, such as the directivity of an antenna and the directivity of an antenna,] are disregarded in order to simplify explanation, it is Z_w in the characteristic impedance of the quality 1 of a device under test about the characteristic impedance of Z_s and the electromagnetic wave transparency apertures 3a and 3b. It carries out and is the electromagnetic wave permeability total from transmitting antenna 6a to receiving-antenna 6b. It is expressed with a degree type.

[0031]

[Equation 6]

$$t_{total} = 16 \left\{ \frac{\min(Z_0, Z_w) \cdot \min(Z_w, Z_s)}{(Z_0 + Z_w)(Z_w + Z_s)} \right\}^2 \quad \text{--- (6)}$$

[0032] Next, the general physical properties of the quality 1 of a device under test and the electromagnetic wave transparency apertures 3a and 3b are discussed.

[0033] It is known for many matter that relative permeability is equal to about 1. Although, as for 1, the matter of the class called the magnetic substance has greatly different relative permeability, it is rare that these serve as quality of a device under test or a measuring object object, and since it is easy, in this explanation, it is assumed that the relative permeability of the quality of a device under test and a measuring object object is 1.

[0034] However, even when relative permeability is not 1, the explanation which used the characteristic impedance is effective and it is added over this invention at large that the means is effective.

[0035] On the other hand, generally the specific inductive capacity of the matter changes greatly with differences in the molecular structure of the matter. A measuring object object is mixed underwater and, as for the quality 1 of a device under test, it is usually decided by the ratio of the specific inductive capacity of water, and the specific inductive capacity of the underwater measuring object matter that the dielectric constant will be it.

[0036] When the ratio of concentration of a measuring object object is not not much high, the dielectric constant of the quality of a device under test takes the value comparatively near the specific inductive capacity of the water which is a medium. The specific inductive capacity of water has a dependency over temperature and the frequency of an electromagnetic wave about by about 80.

[0037] When it substitutes for the aforementioned (2) formula, using relative permeability as 1 using specific inductive capacity of water as 80, the characteristic impedance of water is about 42 (Ω).

[0038] Moreover, as for an electromagnetic wave transparency aperture, few dielectrics of attenuation are used.

[0039] There is Teflon resin in the matter well used as a dielectric with little attenuation, and about 2 characteristic impedance of the dielectric constant is about 266 (Ω).

[0040] If these are substituted for (6) types, 0.051 will be obtained as permeability.

[0041] That is, it will not pass over the electromagnetic wave from which even a receiving antenna is transmitted to about 5% of the whole, but the remainder will be reflected and lost on a boundary with the matter. For this reason, the electromagnetic wave received in the conventional electromagnetic wave formality measuring device was feeble.

[0042] In addition, in the above-mentioned explanation, in order to make a trouble easy to explain, it has been disregarded that the electromagnetic wave which spreads the inside of the matter which has conductivity produces attenuation, but since some have conductivity, the actual quality of a device under test including water must take attenuation by conductivity into consideration in actual measurement.

[0043] Reception of an electromagnetic wave became difficult, and aggravation of the precision by the fall of a S/N ratio, and when the worst, it may be able to stop for this reason, might be unable to perform density measurement by the matter with high conductivity.

[0044] (The 2nd trouble) There is directivity of an electromagnetic wave as the 2nd trouble.

[0045] Electromagnetic wave generators, such as an antenna, can give directivity by devising the design approach. The usual antenna is designed for the purpose of the transmission and reception of an electromagnetic wave it is under [air] receiving, and various kinds of directional antennas are proposed by current.

[0046] However, in an electromagnetic wave formality measuring device, since the transmission and reception to the quality of a device under test are performed, the conventional method cannot be used as it is supposing transmission and reception in air.

[0047] Furthermore, since an electromagnetic wave transparency aperture intervened between a transceiver antenna and the quality of a device under test, electromagnetic wave directivity could not be controlled directly to the quality of a device under test, and the inside of the quality of a device under test was not able to be made to spread efficiently in the electromagnetic wave formality measuring device of the conventional method.

[0048] (The 3rd trouble) There is magnitude of an electromagnetic wave transceiver machine as the 3rd trouble.

[0049] The die length of the component with which the magnitude of the antenna used as an electromagnetic wave transceiver machine is generally used for an antenna depending on the electromagnetic wave length in an electromagnetic wave propagation medium is the same as wavelength, or its 1/2 wave of the one half is common.

[0050] The electromagnetic wave frequency used for an electromagnetic wave formality measuring device has 1GHz - common about 2GHz, and since the wavelength in such air is set to 15cm - about 30cm, when 1/2 wave of antenna is constituted temporarily, the die length of a component is set to about 7.5-15cm.

[0051] Since the electromagnetic wave formality measuring device of a piping clamping die is the aperture of 100mm - about 300mm, it is too large for using for an

electromagnetic wave formality measuring device the way things stand. Therefore, in the electromagnetic wave formality measuring device of a conventional type, the antenna needed to be miniaturized by the approach of filling up an antenna with the matter with a high dielectric constant.

[0052] (The 4th trouble) As the 4th trouble, with the electromagnetic wave formality measuring device of the conventional method, when the quality of a device under test was a liquid, and when the quality of a device under test was uneven or air bubbles were mixed in the interior, the problem which an error produces was in concentration. Hereafter, this cause is explained.

[0053] That is, a part of electromagnetic waves are scattered about by existence of the ununiformity of the quality of a device under test or air bubbles. Although all the electromagnetic waves that reach a receiving antenna were received in the conventional electromagnetic wave formality measuring device, not only the electromagnetic wave that penetrated the quality of a device under test but the dispersion electromagnetic wave by existence of the ununiformity of the quality of a device under test or air bubbles is received by coincidence by the received electromagnetic wave. Since a received electromagnetic wave required for density measurement is an electromagnetic wave which penetrated the quality of a device under test, a dispersion electromagnetic wave causes a measurement error.

[0054] (The 5th trouble) The 5th trouble originates in the frequency band of an electromagnetic wave transceiver machine.

[0055] The electromagnetic wave transceiver machine used for the electromagnetic wave formality measuring device of the conventional method had the trouble that the width of face of the electromagnetic wave frequency which can be used was narrow, and dispersion was in optimum frequency.

[0056] Drawing 30 is the graphical representation showing the typical property of the electromagnetic wave transceiver machine used for the electromagnetic wave formality measuring device of the conventional method.

[0057] This calls return loss measurement, changes a frequency, measures the ratio of the power which was reflected without emanating and has returned to the power sent towards the transmitting antenna, and is a general measuring method as an effectiveness verifying method of an antenna.

[0058] In drawing 30, the engine performance as an antenna becomes high, so that the value of an axis of ordinate is low. Generally, although there was frequency dependent in the engine performance of all antennas, as shown in drawing 30, the frequency range which near optimum frequency is a sharp trough and can use was narrow [the

electromagnetic wave transceiver machine used for the electromagnetic wave formality measuring device of the conventional method].

[0059] Moreover, since there was dispersion for every components, when using it for a product, to optimum frequency, return loss measurement actually needed to be performed, and the group of the electromagnetic wave transceiver machine with which optimum frequency suits needed to be sorted out to it.

[0060] Furthermore, this problem had become the hindrance of the engine performance and the improvement in functional of an electromagnetic wave formality measuring device. Since there is a dependency over electromagnetic wave frequency, the amount of information acquired increases to the quality of a device under test including water by measuring on a different frequency.

[0061] Moreover, in the electromagnetic wave formality measuring device of a method which detects the phase contrast of a transmission wave and a received wave, and is changed into concentration, although it is difficult to judge this when phase contrast 360 degrees or more arises, phase contrast 360 degrees or more can be judged by measuring phase contrast on two or more different frequencies.

[0062] However, since the electromagnetic wave transceiver machine used for the electromagnetic wave formality measuring device of the conventional method had the narrow frequency range which can be used, it was able to be measured only on one frequency as a matter of fact.

[0063] The purpose of this invention is to offer the small electromagnetic wave formality measuring device with the high engine performance which receiving reinforcement is increased sharply and can perform highly precise and extremely stable density measurement.

[0064]

[Means for Solving the Problem] In order to attain the above-mentioned purpose, in invention of claim 1 In the electromagnetic wave formality measuring device which measures the concentration of the measuring object object which receives the electromagnetic wave which transmitted the electromagnetic wave with the electromagnetic wave transceiver vessel, and penetrated the inside of the quality of a device under test, and is contained at the quality of a device under test in measurement tubing with which the quality of a device under test exists, or a measurement container He uses a dielectric waveguide for an electromagnetic wave transceiver machine, and is trying to transmit a direct electromagnetic wave to a measuring object object from the dielectric waveguide concerned.

[0065] Therefore, in the electromagnetic wave formality measuring device of invention

of claim 1, by using a dielectric waveguide for an electromagnetic wave transceiver machine, and transmitting a direct electromagnetic wave to a measuring object object from this dielectric waveguide, since there is little inclusion between an electromagnetic wave transceiver machine and the quality of a device under test, receiving reinforcement can be raised sharply. The problem it becomes difficult to measure by this in the matter which has conductivity since receiving reinforcement is insufficient can be solved greatly, and highly precise and extremely stable density measurement can be performed.

[0066] Moreover, in invention of claim 2, the metal waveguide which filled up the interior with the dielectric is used as a dielectric waveguide in the electromagnetic wave formality measuring device of invention of above-mentioned claim 1.

[0067] Therefore, in the electromagnetic wave formality measuring device of invention of claim 2, by using the metal waveguide which filled up the interior with the dielectric as a dielectric waveguide, it can be in the condition of having surrounded the perimeter of a dielectric waveguide with the metal wall, the electromagnetic wave leakage by the exterior from a dielectric waveguide can be prevented, and an electrical transmission property can be improved.

[0068] Furthermore, in invention of claim 3, the NRD guide is used as a dielectric waveguide in the electromagnetic wave formality measuring device of invention of above-mentioned claim 1.

[0069] Therefore, in the electromagnetic wave formality measuring device of invention of claim 3, since it becomes impossible to produce electromagnetic wave propagation except a dielectric waveguide when sufficiently small spacing of a metal plate is taken by using a NRD guide as a dielectric waveguide, the leakage of the electromagnetic wave from a dielectric waveguide is lost. Thereby, the same operation as invention of claim 2 mentioned above can be acquired with a simpler configuration.

[0070] The electromagnetic wave which transmitted the electromagnetic wave with the electromagnetic wave transceiver vessel by invention of claim 4 on the other hand into measurement tubing with which the quality of a device under test exists, or a measurement container, and penetrated the inside of the quality of a device under test is received. In the electromagnetic wave formality measuring device which measures the concentration of the measuring object object contained in the quality of a device under test, the quarter-wave length plate which reduces electromagnetic wave reflection between an electromagnetic wave transceiver machine and the quality of a device under test is inserted.

[0071] Therefore, in the electromagnetic wave formality measuring device of invention

of claim 4, by inserting the quarter-wave length plate which reduces electromagnetic wave reflection between an electromagnetic wave transceiver machine and the quality of a device under test, reflection of the electromagnetic wave produced between dissimilar material is controlled, i.e., reflection in an interface can be controlled and receiving reinforcement can be raised.

[0072] Moreover, in invention of claim 5, the electromagnetic wave which transmitted the electromagnetic wave with the electromagnetic wave transceiver vessel into measurement tubing with which the quality of a device under test exists, or a measurement container, and penetrated the inside of the quality of a device under test is received, and the dielectric rod antenna is used as an electromagnetic wave transceiver machine in the electromagnetic wave formality measuring device which measures the concentration of the measuring object object contained at the quality of a device under test.

[0073] Therefore, in the electromagnetic wave formality measuring device of invention of claim 5, if a dielectric rod antenna is projected in the quality of a device under test by using a dielectric rod antenna as an electromagnetic wave transceiver machine, an electromagnetic wave will be transmitted from a cylindrical part to the quality of a device under test, it will spread in the quality of a device under test, and, on the other hand, the boundary of a dielectric will be generated in a cylindrical part, but to the electromagnetic wave propagation direction, since it is not perpendicular, reflection of an electromagnetic wave hardly takes place. Thereby, the same reflective reduction operation as invention of claim 4 mentioned above can be acquired by another principle.

[0074] Furthermore, in invention of claim 6, the electromagnetic wave which transmitted the electromagnetic wave with the electromagnetic wave transceiver vessel into measurement tubing with which the quality of a device under test exists, or a measurement container, and penetrated the inside of the quality of a device under test is received, and the electromagnetic horn which filled up the interior with the dielectric is used as an electromagnetic wave transceiver machine in the electromagnetic wave formality measuring device which measures the concentration of the measuring object object contained at the quality of a device under test.

[0075] Therefore, in the electromagnetic wave formality measuring device of invention of claim 6, since the range which an electromagnetic wave penetrates can be made to change by adjusting the opening area of an electromagnetic horn by using the electromagnetic horn which filled up the interior with the dielectric as an electromagnetic wave transceiver machine, a field to actually measure in the quality of a device under test used as the measuring object can be adjusted freely.

[0076] On the other hand, in invention of claim 7, the electromagnetic wave which transmitted the electromagnetic wave with the electromagnetic wave transceiver vessel into measurement tubing with which the quality of a device under test exists, or a measurement container, and penetrated the inside of the quality of a device under test was received, and the dielectric lens which adjusts electromagnetic wave directivity and a refractive index to an electromagnetic wave transceiver machine is combined in the electromagnetic wave formality measuring device which measures the concentration of the measuring object object contained at the quality of a device under test.

[0077] Therefore, it sets to the electromagnetic wave formality measuring device of invention of claim 7. By combining the dielectric lens which adjusts electromagnetic wave directivity and a refractive index to an electromagnetic wave transceiver machine Only the electromagnetic wave which advances into the sense which the quality of a device under test could be made to penetrate the high electromagnetic wave of uniformity, and was arranged in the receiving side at the time of transmission is receivable. The electromagnetic wave of the noise component by dispersion can be removed, and a field to actually measure in the quality of a device under test used as the measuring object like invention of claim 6 mentioned above can be adjusted freely.

[0078] Moreover, in invention of claim 8, the electromagnetic wave which transmitted the electromagnetic wave with the electromagnetic wave transceiver vessel into measurement tubing with which the quality of a device under test exists, or a measurement container, and penetrated the inside of the quality of a device under test is received, and the microstrip antenna is used as an electromagnetic wave transceiver machine in the electromagnetic wave formality measuring device which measures the concentration of the measuring object object contained at the quality of a device under test.

[0079] Therefore, in the electromagnetic wave formality measuring device of invention of claim 8, by using a microstrip antenna as an electromagnetic wave transceiver machine, an electromagnetic wave transceiver machine is simplified and small, lightweight, and cheap equipment can be realized.

[0080] Furthermore, in invention of claim 9, the electromagnetic wave which transmitted the electromagnetic wave with the electromagnetic wave transceiver vessel into measurement tubing with which the quality of a device under test exists, or a measurement container, and penetrated the inside of the quality of a device under test is received, and the circularly-polarized-wave antenna is used as an electromagnetic wave transceiver machine in the electromagnetic wave formality measuring device which measures the concentration of the measuring object object contained at the

quality of a device under test.

[0081] Therefore, in the electromagnetic wave formality measuring device of invention of claim 9, since a circularly-polarized wave spreads in the quality of a device under test and only the circularly-polarized-wave component of the time of transmission and the same direction is received by using a circularly-polarized-wave antenna as an electromagnetic wave transceiver machine, the electromagnetic wave scattered about as a circularly-polarized-wave component of different sense can be removed, and an error can be reduced.

[0082] On the other hand, in invention of claim 10, the microstrip antenna is used as the circularly-polarized-wave antenna in the electromagnetic wave formality measuring device of invention of above-mentioned claim 8.

[0083] Therefore, in the electromagnetic wave formality measuring device of invention of claim 10, it is realizable for the miniaturization which is the operation of the 8th invention and lightweight-izing which were mentioned above, and the error reduction operation and coincidence which were mentioned above and which it is in an operation of the 9th invention by using a circularly-polarized-wave microstrip antenna as an electromagnetic wave transceiver machine.

[0084] Moreover, in invention of claim 11, the microstrip antenna is made into the multilayer structure which consists of two or more dielectric layers and two or more conductor layers in the electromagnetic wave formality measuring device of invention of above-mentioned claim 8.

[0085] Therefore, in the electromagnetic wave formality measuring device of invention of claim 11, while being able to employ efficiently the miniaturization and lightweight-izing which were mentioned above by using the multilayer microstrip antenna which consists of two or more conductor layers and two or more dielectric layers as an electromagnetic wave transceiver machine and which are an operation of the 8th invention, the straitness of the use frequency range which is the weak spot of a microstrip antenna is improvable.

[0086] On the other hand, in invention of claim 12, the electromagnetic wave which transmitted the electromagnetic wave with the electromagnetic wave transceiver vessel into measurement tubing with which the quality of a device under test exists, or a measurement container, and penetrated the inside of the quality of a device under test is received, and the self-assistant opposite antenna or the antenna of a configuration similar to it is used as an electromagnetic wave transceiver machine in the electromagnetic wave formality measuring device which measures the concentration of the measuring object object contained at the quality of a device under test.

[0087] Therefore, in the electromagnetic wave formality measuring device of invention of claim 12, since the transceiver frequency characteristics of an antenna become fixed by using a self-assistant opposite antenna or the antenna of a configuration similar to it as an electromagnetic wave transceiver machine, the same operation as the 11th invention mentioned above is realizable.

[0088] Moreover, in invention of claim 13, the electromagnetic wave transceiver machine is used as the spiral antenna in the electromagnetic wave formality measuring device of invention of above-mentioned claim 12.

[0089] Therefore, in the electromagnetic wave formality measuring device of invention of claim 13, an expansion operation of the usable frequency domain which is the same operation as the 12th invention mentioned above, and the improvement operation in the engine performance by the circularly-polarized wave which was mentioned above and which is an operation of the 9th invention are realizable for coincidence by using a spiral antenna as an electromagnetic wave transceiver machine.

[0090] Furthermore, in invention of claim 14, the spiral antenna is formed in the shape of a cone in the electromagnetic wave formality measuring device of invention of above-mentioned claim 13.

[0091] Therefore, in the electromagnetic wave formality measuring device of invention of claim 14, since monodactylia tropism can be given to a spiral antenna in addition to the same operation as the 13th invention mentioned above by using a cone spiral antenna as an electromagnetic wave transceiver machine, transceiver reinforcement can be raised, and a S/N ratio improves, namely, can raise an electromagnetic wave transceiver property.

[0092] In the electromagnetic wave formality measuring device of invention of above-mentioned claim 13, the spiral antenna consists of invention of claim 15 as a microstrip antenna further again.

[0093] Therefore, in the electromagnetic wave formality measuring device of invention of claim 15, since monodactylia tropism can be given to a spiral antenna in addition to the same operation as the 13th invention mentioned above by using a microstrip spiral antenna as an electromagnetic wave transceiver machine, an electromagnetic wave transceiver property can be raised. Moreover, the same operation as the 14th invention mentioned above is realizable.

[0094]

[Embodiment of the Invention] Hereafter, the gestalt of operation of this invention is explained to a detail with reference to a drawing.

[0095] (The gestalt of the 1st operation: Correspond to claim 1) Drawing 1 is drawing

showing the example of an outline configuration of the electromagnetic wave formality measuring device by the gestalt of this operation, and attaches and shows the same sign to the same element as drawing 28 .

[0096] In drawing 1 , the quality 1 of a device under test exists in the measurement tubing (or measurement container) 2.

[0097] From the conversion means 4, a RF is generated and it leads to dielectric waveguide 8a which is an electromagnetic wave transmitter through waveguide 5a, and a direct electromagnetic wave is transmitted to the quality 1 of a device under test from this waveguide 8a, and incidence is carried out. And the electromagnetic wave by which incidence was carried out penetrates the inside of the quality 1 of a device under test.

[0098] As for the transparency electromagnetic wave 7 which penetrates the inside of the quality 1 of a device under test, reinforcement and velocity of propagation change with the differences in the property of the quality 1 of a device under test. It is received through dielectric waveguide 8b of the opposite side which is an electromagnetic wave receiver, and this transparency electromagnetic wave 7 is told to the conversion means 4 through waveguide 5b.

[0099] The conversion means 4 changes the information on a transmission wave and a received wave into the concentration of the measuring object object contained in the quality 1 of a device under test.

[0100] Next, an operation of the electromagnetic wave formality measuring device of the gestalt of this operation constituted as mentioned above is explained.

[0101] In drawing 1 , the RF generated with the conversion means 4 passes along waveguide 5a first, and is led to dielectric waveguide 8a. Direct incidence of the electromagnetic wave led to dielectric waveguide 8a is carried out to the quality 1 of a device under test. And it is received by dielectric waveguide 8b, and the electromagnetic wave which penetrated the quality 1 of a device under test is told to the conversion means 4 through waveguide 5b.

[0102] With the conversion means 4, it is changed into the concentration of the measuring object object contained in the quality 1 of a device under test based on the information on a transmission wave and a received wave.

[0103] Although there is an approach of computing concentration from the intensity ratio of a transmission wave and a received wave as the conversion approach using attenuation of the electromagnetic wave by the measuring object object or a method of using change of the electromagnetic wave rate by the measuring object object, the latter approach is applied and many approaches of detecting the phase contrast of a transmission wave and a received wave, and changing into concentration are used.

[0104] Here, after an electromagnetic wave is led to dielectric waveguide 8a, as for the direction of the gestalt of this operation, as compared with the case of drawing 28 mentioned above from being directly led to the quality 1 of a device under test, there is little inclusion between the conversion means 4 and the quality 1 of a device under test.

[0105] Therefore, the permeability of the whole electromagnetic wave is permeability t_{total} as the whole, when it becomes with the above-mentioned (6) types in the case of drawing 28 and the characteristic impedance of dielectric waveguide 8a is set to Z_g in the case of the gestalt of this operation. It is expressed like a degree type.

[0106]

[Equation 7]

$$t'_{total} = 4 \left\{ \frac{\min(Z_g, Z_s)}{(Z_g + Z_s)} \right\}^2 \quad \text{--- (7)}$$

[0107] And receiving reinforcement increases as the above-mentioned count, in the situation used for electric count, as an example, as a dielectric used for dielectric waveguide 8a, supposing the quality 1 of a device under test is water, permeability will be set to 0.074 and reinforcement will increase about 45% as compared with the case of the former mentioned above using the Teflon resin of the most general specific inductive capacity 2.

[0108] Moreover, receiving reinforcement can be further raised by using the matter with a still higher dielectric constant as a dielectric used for dielectric waveguide 8a.

[0109] The dielectric ceramics used as a charge of RF material has a product with various dielectric constants by adjusting a presentation ratio. It is not difficult for there to be some which had a high dielectric constant in it, and to look for a with a specific inductive capacity of about 20 to 30 thing.

[0110] Here, when the dielectric ceramics of specific inductive capacity 30 is used, the characteristic impedance of the dielectric of specific inductive capacity 30 is 68.8 (omega), if it sets this to dielectric waveguide 8a and a dielectric constant is calculated by the above-mentioned (7) formula, will be set to 0.575 and will become the extensive improvement of 10 or more times as compared with the conventional case.

[0111] Permeability will be set to 1 if a dielectric with the same dielectric constant as water can be used ideally. Water has conductivity, and underwater, since an electromagnetic wave receives attenuation, it cannot use a channel as dielectric

waveguide 8a. However, in recent years, the with a dielectric constant of about 80 dielectric ceramics is available.

[0112] As mentioned above, the dielectric constant of water can adjust a characteristic impedance mostly by choosing the specific inductive capacity of a dielectric according to the temperature of the quality 1 of a device under test, and the frequency band to be used, although it is difficult to adjust a characteristic impedance completely on all conditions in order to be dependent on temperature and electromagnetic wave frequency.

[0113] The problem that it becomes difficult since receiving reinforcement is insufficient to measure this in the matter which has conductivity is greatly improvable.

[0114] Since the reflection produced on the dielectric boundary at the time of electromagnetic wave propagation is suppressed and he is trying to raise electromagnetic wave receiving reinforcement in the electromagnetic wave formality measuring device of the gestalt of this operation as mentioned above, it becomes possible to prevent aggravation of the accuracy of measurement by the fall of a S/N ratio, and to perform stable density measurement.

[0115] (The gestalt of the 2nd operation: Correspond to claim 2) Drawing 2 is drawing showing the example of an outline configuration of the electromagnetic wave formality measuring device by the gestalt of this operation, it gives the same sign to the same element as drawing 1, omits the explanation, and describes only a part different here.

[0116] That is, in the electromagnetic wave formality measuring device of the gestalt of this operation, it is considering as the configuration using what filled up the interior of the metal waveguide 9 with the dielectric 10 as a dielectric waveguide which is the electromagnetic wave transceiver machine in the gestalt of the 1st operation mentioned above.

[0117] In the electromagnetic wave formality measuring device of the gestalt of this operation constituted as mentioned above, since it will be in the condition of having surrounded the perimeter of a dielectric waveguide with the metal wall by using the metal waveguide 9 which filled up the interior with the dielectric 10 as a dielectric waveguide, the electromagnetic wave leakage to the exterior from a dielectric waveguide is prevented.

[0118] Thereby, loss of an electromagnetic wave can be lessened further and the electrical transmission property of an electromagnetic wave can be improved.

[0119] As mentioned above, in the electromagnetic wave formality measuring device of the gestalt of this operation, loss of an electromagnetic wave is lessened further and it becomes possible to improve the electrical transmission property of an electromagnetic wave.

[0120] (The gestalt of the 3rd operation: Correspond to claim 3) Drawing 3 is drawing showing the example of an outline configuration of the electromagnetic wave formality measuring device by the gestalt of this operation, it gives the same sign to the same element as drawing 1 , omits the explanation, and describes only a part different here.

[0121] That is, in the electromagnetic wave formality measuring device of the gestalt of this operation, it is considering as the configuration using a NRD guide as a dielectric waveguide which is the electromagnetic wave transceiver machine in the gestalt of the 1st operation mentioned above.

[0122] Here, a NRD guide takes the configuration which sandwiched the dielectric 10 with the metal plate 11 of two sheets, and forms the NRD guide.

[0123] In the electromagnetic wave formality measuring device of the gestalt of this operation constituted as mentioned above, since it becomes impossible to produce electromagnetic wave propagation except a dielectric waveguide when sufficiently small spacing of a metal plate 11 is taken by using the NRD guide of a configuration of having inserted the dielectric 10 with the metal plate 11 of two sheets as a dielectric waveguide, the electromagnetic wave leakage from a dielectric waveguide is lost.

[0124] Thereby, the same electromagnetic wave loss depressant action as the case of the gestalt of the 2nd operation mentioned above can be obtained with a simpler configuration.

[0125] As mentioned above, in the electromagnetic wave formality measuring device of the gestalt of this operation, loss of an electromagnetic wave is further lessened with a simpler configuration, and it becomes possible to improve the electrical transmission property of an electromagnetic wave.

[0126] (The gestalt of the 4th operation: Correspond to claim 4) Drawing 4 is drawing showing the example of an outline configuration of the electromagnetic wave formality measuring device by the gestalt of this operation, it gives the same sign to the same element as drawing 1 , omits the explanation, and describes only a part different here.

[0127] That is, in the electromagnetic wave formality measuring device of the gestalt of this operation, it is considering as the configuration which inserts the quarter-wave length plate 12 which reduces electromagnetic wave reflection between the dielectric waveguides 8a and 8b and the quality 1 of a device under test which are the electromagnetic wave transceiver machine in the gestalt of the 1st operation mentioned above.

[0128] In the electromagnetic wave formality measuring device of the gestalt of this operation constituted as mentioned above By inserting the quarter-wave length plate 12 which reduces electromagnetic wave reflection between dielectric waveguides 8a and 8b

and the quality 1 of a device under test Still bigger receiving reinforcement than the case of the 1st gestalt which controls reflection of the electromagnetic wave produced between dissimilar material, namely, controlled and mentioned reflection in an interface above is securable.

[0129] The board thickness of the small dielectric of electromagnetic wave loss is adjusted, and it is made to become quarter-wave length in the quarter-wave length plate 12 here to the electromagnetic wave to be used.

[0130] It is f and specific-inductive-capacity ϵ_r about the frequency of the electromagnetic wave to be used. When the electromagnetic wave rate in λ and a vacuum is set to c for the wavelength in a dielectric, the board thickness d of the quarter-wave length plate 12 is expressed like a degree type using a dielectric constant ϵ_r .

[0131]

[Equation 8]

$$\lambda = \frac{c}{f\sqrt{\epsilon_r}} \quad \text{-----} \quad (8)$$

$$d = \frac{\lambda}{4} = \frac{c}{4f\sqrt{\epsilon_r}}$$

[0132] The quarter-wave length plate 12 has the operation which controls reflection of the electromagnetic wave produced between dissimilar material, and the principle is described below.

[0133] As a mimetic diagram is shown in drawing 5, the case where the matter 2 which has the thickness for quarter-wave length between the matter 1 and the matter 3 is inserted is considered. The electromagnetic wave which carried out incidence from the matter 1 produces reflection in each interface of the matter 1, the matter 2 and the matter 2, and the matter 3. Thus, in a certain case, two or more multiple echoes occur [an interface] by the middle matter. In the case of drawing 5, the multiple echo has arisen before and behind the matter 2, and the reflected wave which returns to the

matter 1 becomes it with what compounded the following reflected wave.

[0134] (a) Continue to an infinity time the reflected wave which went and came back to the interior of the reflected wave (d) matter 2 which went and came back to the interior of the reflected wave (c) matter 2 produced on the boundary of the reflected wave (b) matter 2 and matter 3 which were produced on the boundary of the matter 1 and the matter 2 twice 3 times, and henceforth.

[0135] Here, considering that the thickness of the matter 2 is quarter-wave length, the phases of the part to which the reflected wave of (1) and the reflected wave of (2) went and came back to the matter 2 one time, a part for i.e., the half-wave length, differ. For this reason, the reflected wave of (a) and the reflected wave of (b) are negated mutually. When it thinks the same way, it turns out that the even-numbered reflected wave and the odd-numbered reflected wave negate each other, respectively.

[0136] Since reflection on each boundary is called for by the above-mentioned (5) types, it can also apply and calculate the reflection coefficient in the case of drawing 5 for this. And it is the characteristic impedance of the matter 1, the matter 2, and the matter 3, respectively Z_1 , Z_2 , and Z_3 If it carries out, when fulfilling conditions like a degree type, it turns out that a reflected wave is negated completely.

[0137]

[Equation 9]

$$\frac{Z_2}{Z_1} = \frac{Z_3}{Z_2} \quad \text{--- (9)}$$

[0138] That is, reflection is completely removable by choosing the quality of the material of the quarter-wave length plate 12 so that the relation of (9) types may be materialized especially.

[0139] If reflection decreases, in order that more electromagnetic waves may spread even the matter 3 via the matter 2, permeability increases only the decrement of a reflection factor.

[0140] In addition, by the above-mentioned explanation, for the thickness of the matter 2, although it is quarter-wave length, more generally thickness d is

[0141].

[Equation 10]

$$d = (2n + 1)\lambda / 4 \quad n = 0, 1, 2, \dots \quad (10)$$

[0142] It is effective when [all] becoming.

[0143] Thereby, by combining the quarter-wave length plate 12 with an electromagnetic wave formality measuring device, reflection in an interface can be controlled and receiving reinforcement can be raised.

[0144] Since he is trying to raise electromagnetic wave receiving reinforcement in the electromagnetic wave formality measuring device of the gestalt of this operation further rather than the case of the 1st gestalt which suppressed the reflection produced on the dielectric boundary at the time of electromagnetic wave propagation, and was mentioned above as mentioned above, aggravation of the accuracy of measurement by the fall of a S/N ratio is prevented, and it becomes possible to perform density measurement stabilized further.

[0145] (The gestalt of the 5th operation: Correspond to claim 5) Drawing 6 is drawing showing the example of an outline configuration of the electromagnetic wave formality measuring device by the gestalt of this operation, it gives the same sign to the same element as drawing 1 , omits the explanation, and describes only a part different here.

[0146] That is, the dielectric rod (rod-like dielectric) 13 is attached at the tip of the dielectric waveguides 8a and 8b which are the electromagnetic wave transceiver machines in the gestalt of the 1st operation mentioned above in the electromagnetic wave transceiver direction, and an electromagnetic wave is transmitted and received by making this into an antenna, namely, it is considering as the configuration using a dielectric rod antenna as dielectric waveguides 8a and 8b which are electromagnetic wave transceiver machines in the electromagnetic wave formality measuring device of the gestalt of this operation.

[0147] Here, as shown in drawing 5 , the point is thin, and the dielectric rod 13 has prepared the radius of circle, in order that a point may prevent reflection. Moreover, he is trying to use a dielectric rod antenna for the quality 1 of a device under test in the condition of having projected directly, by this example.

[0148] In the electromagnetic wave formality measuring device of the gestalt of this operation constituted as mentioned above If a dielectric rod antenna is projected in the quality 1 of a device under test by using the dielectric rod antenna as dielectric waveguides 8a and 8b which are electromagnetic wave transceiver machines, since the

configuration of the dielectric rod 13 of a transmitting side is devised and the point is made thin, An electromagnetic wave begins to leak from the cylindrical part (wall surface) of the dielectric rod 13, and it gets across to the quality 1 of a device under test, and spreads in the quality 1 of a device under test.

[0149] On the other hand, to the electromagnetic wave propagation direction, although the boundary of a dielectric is generated in a cylindrical part, since it is not perpendicular, reflection of an electromagnetic wave hardly takes place.

[0150] In this case, even when the specific inductive capacity of the dielectric rod 13 and the quality 1 of a device under test differs, it can transmit, without producing big reflection. Moreover, it is the same also at the time of reception, and the receiving fall on the strength by reflection can be controlled by devising the configuration of the dielectric rod 13.

[0151] Thereby, the same reflective reduction operation as the case of the gestalt of the 4th operation mentioned above can be acquired by another principle.

[0152] Since the reflection produced on the dielectric boundary at the time of electromagnetic wave propagation is suppressed and he is trying to raise electromagnetic wave receiving reinforcement in the electromagnetic wave formality measuring device of the gestalt of this operation further as mentioned above, like the case of the 4th gestalt mentioned above, aggravation of the accuracy of measurement by the fall of a S/N ratio is prevented, and it becomes possible to perform density measurement stabilized further.

[0153] (The gestalt of the 6th operation: Correspond to claim 6) Drawing 7 is drawing showing the example of an outline configuration of the electromagnetic wave formality measuring device by the gestalt of this operation, it gives the same sign to the same element as drawing 1 , omits the explanation, and describes only a part different here.

[0154] That is, in the electromagnetic wave formality measuring device of the gestalt of this operation, an electromagnetic horn 14 is attached at the tip using what inserted the dielectric 10 in the interior of the metal waveguide 9 as a dielectric waveguide which is the electromagnetic wave transceiver machine in the gestalt of the 1st operation mentioned above, and the interior of an electromagnetic horn 14 is further filled up with a dielectric 10, namely, it is considering as the configuration using the electromagnetic horn 14 which filled up the interior with the dielectric 10 as a dielectric waveguide which is an electromagnetic wave transceiver machine.

[0155] In the electromagnetic wave formality measuring device of the gestalt of this operation constituted as mentioned above , since the range which an electromagnetic wave penetrate can be made to change by adjusting the opening area of an

electromagnetic horn 14 by using the electromagnetic horn 14 which filled up the interior with the dielectric 10 as a dielectric waveguide which be an electromagnetic wave transceiver machine , a field to actually measure in the quality 1 of a device under test used as the measuring object can be adjusted freely .

[0156] That is, before an electromagnetic wave carries out incidence to the quality 1 of a device under test, by going via an electromagnetic horn 14, after the electromagnetic wave has spread, incidence is carried out to the quality 1 of a device under test, and an electromagnetic wave is transmitted to the wide range quality 1 of a device under test. Moreover, the electromagnetic wave which carries out incidence from the whole opening of an electromagnetic horn 14 similarly at the time of reception is received, and the transparency electromagnetic wave from the wide range quality 1 of a device under test is received.

[0157] In the former mentioned above, that it is the actual measuring object among the quality 1 of a device under test since incidence of the electromagnetic wave was carried out via the electromagnetic wave transparency apertures 3a and 3b As opposed to having been restricted to the matter of electromagnetic wave transparency aperture 3a and 3b neighborhood with the gestalt of this operation Since the range which an electromagnetic wave penetrates by using an electromagnetic horn 14 for an electromagnetic wave transceiver machine, and adjusting the opening area of an electromagnetic horn 14 can be changed and the breadth of arbitration can be given to an electromagnetic wave, A field to actually measure in the quality 1 of a device under test used as the measuring object can be adjusted freely.

[0158] As mentioned above, in the electromagnetic wave formality measuring device of the gestalt of this operation, it becomes possible to adjust freely a field to actually measure in the quality 1 of a device under test used as the measuring object.

[0159] (The gestalt of the 7th operation: Correspond to claim 7) Drawing 8 is drawing showing the example of an outline configuration of the electromagnetic wave formality measuring device by the gestalt of this operation, it gives the same sign to the same element as drawing 7 , omits the explanation, and describes only a part different here.

[0160] That is, in the electromagnetic wave formality measuring device of the gestalt of this operation, a dielectric lens 15 is attached at the tip of the electromagnetic horn 14 in the gestalt of the 6th operation mentioned above, and it is considering as the configuration which adjusts the breadth of an electromagnetic wave by this, namely, combines the dielectric lens 15 which adjusts electromagnetic wave directivity and a refractive index to the dielectric waveguide which is an electromagnetic wave transceiver machine.

[0161] In this example, a dielectric lens 15 is created by the matter with a dielectric constant higher than a dielectric 10, and it forms as a half-convex lens which projected the convex of a dielectric lens 15 to the dielectric 10.

[0162] In the electromagnetic wave formality measuring device of the gestalt of this operation constituted as mentioned above, since the sense of an electromagnetic wave be change by the same principle as a lens [in / by having attach the dielectric lens 15 which adjust electromagnetic wave directivity and a refractive index at the tip of an electromagnetic horn 14 / in a dielectric lens 15 / the light] and the directivity of an electromagnetic wave be adjust, a field to actually measure in the quality 1 of a device under test used as the measuring object can be adjust freely.

[0163] That is, the electromagnetic wave which was able to be extended by the electromagnetic horn 14 changes a direction with a dielectric lens 15, and the travelling direction of a transmitted electromagnetic wave is arranged. Thereby, the quality 1 of a device under test can be made to penetrate the high electromagnetic wave of uniformity. Moreover, in a receiving side, only the electromagnetic wave which advances into the sense arranged at the time of transmission can be received, and the electromagnetic wave of the noise component by dispersion can be removed.

[0164] Thereby, a field to actually measure in the quality 1 of a device under test which was mentioned above and which serves as the measuring object like the case of the gestalt of the 6th operation can be adjusted freely.

[0165] Since he is trying to control the directivity of an electromagnetic wave by the electromagnetic wave formality measuring device of the gestalt of this operation and the electromagnetic wave propagation range of the quality 1 of a device under test is controllable by it according to the purpose of use as mentioned above, it becomes possible to adjust freely a field to actually measure like the case of the 6th gestalt mentioned above in the quality 1 of a device under test used as the measuring object.

[0166] (Modification) In the above, as the quality of the material of a dielectric lens 15, when using the matter with a dielectric constant smaller than a dielectric 10, the same operation effectiveness as the case of the gestalt of operation of drawing 7 can be acquired by making it a concave lens contrary to the case of drawing 7.

[0167] (The gestalt of the 8th operation: Correspond to claim 8) Drawing 9 is drawing showing the example of an outline configuration of the electromagnetic wave formality measuring device by the gestalt of this operation, it gives the same sign to the same element as drawing 1, omits the explanation, and describes only a part different here.

[0168] That is, in the electromagnetic wave formality measuring device of the gestalt of this operation, the conductor side of this microstrip antenna 16 is considered as the

configuration transmitted directly in contact with the quality 1 of a device under test, using the microstrip antenna 16 as an electromagnetic wave transceiver machine in the gestalt of the 1st operation mentioned above.

[0169] Here, on the substrate which put the dielectric layer on the conductor layer, the microstrip antenna 16 arranges a field-like conductor and uses it as an antenna.

[0170] Drawing 10 is drawing showing the example of a general configuration of a microstrip antenna. That is, as shown in drawing 10, a dielectric layer 102 is piled up on the touch-down conductor layer 101, and it is considering as the configuration which allotted the antenna element layer 103 on this dielectric layer 102.

[0171] In addition, in drawing 10, although the antenna element layer 103 is circular, a rectangular antenna element layer is also used well. As for a microstrip antenna, it is usually common to form the antenna element layer of one wave, the rectangular patch configuration for 1/2 wave, or a circular patch configuration to a transceiver medium. As a general description of a microstrip antenna, it is small, a light weight, and a plane, and since it can manufacture from a substrate, it is mentioned that it is suitable for mass production method.

[0172] In the electromagnetic wave formality measuring device of the gestalt of this operation constituted as mentioned above, by using the microstrip antenna 16 as an electromagnetic wave transceiver machine, an electromagnetic wave transceiver machine is simplified and it can consider as a small, lightweight, and cheap thing.

[0173] Furthermore, in an electromagnetic wave formality measuring device, the quality 1 of a device under test is matter with the high dielectric constant of water etc. in many cases. And the quality 1 of a device under test of these quantities dielectric constant is touched in the conductor side of the direct microstrip antenna 16, and the transceiver medium to an antenna turns into the quality 1 of a device under test of a high dielectric constant by taking the method which transmits and receives a direct electromagnetic wave in the quality 1 of a device under test. Then, like the above-mentioned (8) types, since the electromagnetic wave length in a dielectric is in inverse proportion to the square root of a dielectric, as compared with the microstrip antenna 16 it is under [usual air] receiving, the magnitude of an antenna element becomes small.

[0174] For example, the magnitude of the microstrip antenna 16 which will transmit and receive a direct electromagnetic wave to this supposing specific inductive capacity is 80 becomes about 11% of the antenna which uses air as a medium in the quality 1 of a device under test supposing water. From the first, although it is an antenna small [the microstrip antenna 16] and lightweight, according to the gestalt of this operation, a still

smaller antenna is realizable.

[0175] As mentioned above, in the electromagnetic wave formality measuring device of the gestalt of this operation, an electromagnetic wave transceiver machine is simplified and it becomes possible to obtain small, lightweight, and cheap equipment.

[0176] (The gestalt of the 9th operation: Correspond to claim 8) Drawing 11 is drawing showing the example of an outline configuration of the electromagnetic wave formality measuring device by the gestalt of this operation, it gives the same sign to the same element as drawing 9, omits the explanation, and describes only a part different here.

[0177] That is, in the electromagnetic wave formality measuring device of the gestalt of this operation, it is considering as the configuration which inserts the dielectric plate 17 between the microstrip antennas 16 and the quality 1 of a device under test in the gestalt of the 8th operation which were mentioned above.

[0178] In the electromagnetic wave formality measuring device of the gestalt of this operation constituted as mentioned above, also when the dielectric constant of the quality 1 of a device under test changes with the temperature of the quality 1 of a device under test, or the concentration of a measuring object object by inserting the dielectric plate 17 between the microstrip antenna 16 and the quality 1 of a device under test, it can measure by being stabilized.

[0179] That is, the optimal transceiver frequency of the microstrip antenna 16 is decided by the dimension of a current carrying part, and wavelength of a propagation medium. With the configuration mentioned above as shown in drawing 9 of the gestalt of the 8th operation, since the wavelength in a medium changes when the dielectric constant of the quality 1 of a device under test changes with the temperature of the quality 1 of a device under test, or the concentration of a measuring object object, since a propagation medium is the quality 1 of a device under test, the optimal transceiver frequency changes. Therefore, when dielectric constant change is large, it may become difficult to adopt the configuration of drawing 9.

[0180] On the other hand, with the gestalt of this operation shown in drawing 11, the propagation medium to the microstrip antenna 16 becomes the dielectric plate 17 by inserting the dielectric plate 17 between the microstrip antenna 16 and the quality 1 of a device under test. For this reason, even when the dielectric constant change resulting from the quality 1 of a device under test arises, the optimal transceiver frequency of the microstrip antenna 16 cannot change, but the merit of the microstrip antenna 16 can be measured by being stabilized as it is.

[0181] Furthermore, the reflection produced on a dielectric boundary is reducible by adjusting the thickness of the dielectric plate 17 and considering as a quarter-wave

length plate.

[0182] As mentioned above, in the electromagnetic wave formality measuring device of the gestalt of this operation, it becomes possible to measure by being stabilized, maintaining the small, lightweight, and cheap point which be the merit of the microstrip antenna 16, also when the dielectric constant of the quality 1 of a device under test changes with the temperature of the quality 1 of a device under test, or the concentration of a measuring object.

[0183] (The gestalt of the 10th operation: Correspond to claim 9) Drawing 12 is drawing showing the example of an outline configuration of the electromagnetic wave formality measuring device by the gestalt of this operation, it gives the same sign to the same element as drawing 28, omits the explanation, and describes only a part different here.

[0184] That is, in the electromagnetic wave formality measuring device of the gestalt of this operation, it is considering as the configuration using the circularly-polarized-wave antenna 18 as an electromagnetic wave transceiver machine in the conventional configuration mentioned above.

[0185] In the electromagnetic wave formality measuring device of the gestalt of this operation constituted as mentioned above, a circularly-polarized wave 19 spreads in the quality 1 of a device under test by using the circularly-polarized-wave antenna 18 as an electromagnetic wave transceiver machine. In this case, by arranging the direction of polarization of the circularly-polarized-wave antenna 18 which transmits and receives a circularly-polarized wave, the polarization component of the opposite direction produced by dispersion etc. is removed, and the operation which reduces a density measurement error is done so.

[0186] That is, a circularly-polarized wave 19 is an electromagnetic wave which electromagnetic field rotates with time amount centering on an electromagnetic wave travelling direction, and has two kinds, the circularly-polarized wave of a RRC (forward), and the circularly-polarized wave of a RLC (negative). although the circularly-polarized-wave antenna 18 is an antenna which transmits and receives a circularly-polarized wave -- positive/negative -- it has the big property to make only one of circularly-polarized waves applicable to transceiver. Therefore, only the circularly-polarized-wave component of the same direction as the antenna is received by the circularly-polarized-wave antenna 18 for reception, and another circularly-polarized-wave component is not received.

[0187] Although the trouble that an error became large on the other hand by receiving the dispersion electromagnetic wave by existence of the ununiformity of the quality 1 of a device under test or air bubbles as the 4th trouble previously was explained the

gestalt of this operation -- the circularly-polarized-wave antenna 18 -- using -- the direction of polarization of a transceiver antenna -- positive/negative -- since it has unified into either, when circularly-polarized waves 19 are scattered about by existence of the ununiformity of the quality 1 of a device under test or air bubbles, generally, the direction of polarization is not saved but the polarization components of both positive/negative are scattered about. For this reason, by receiving only the circularly-polarized-wave component of the time of transmission, and the same direction with a receiving antenna, the electromagnetic wave scattered about as a circularly-polarized-wave component of different sense can be removed, and an error can be reduced.

[0188] As mentioned above, since he is trying not to receive the dispersion electromagnetic wave from which the direction of polarization differs, with the electromagnetic wave formality measuring device of the gestalt of this operation, it becomes possible to raise density measurement precision in a S/N ratio list.

[0189] (The gestalt of the 11th operation: Correspond to claim 10) Drawing 13 is drawing showing the example of an outline configuration of the electromagnetic wave formality measuring device by the gestalt of this operation, it gives the same sign to the same element as drawing 9 and drawing 11, omits the explanation, and describes only a part different here.

[0190] That is, in the electromagnetic wave formality measuring device of the gestalt of this operation, it is considering as the configuration using the circularly-polarized-wave microstrip antenna 20 as the 8th mentioned above or an electromagnetic wave transceiver machine in the gestalt of the 9th operation.

[0191] Here, the circularly-polarized-wave microstrip antenna 20 can be constituted as a circularly-polarized-wave antenna by adding a device to the configuration and the electric supply approach of a conductor side.

[0192] Drawing 14 is drawing showing the example of a general configuration of the circularly-polarized-wave microstrip antenna 20. In addition, only the antenna element pattern is shown in drawing 14.

[0193] That is, as shown in drawing 14, a circularly-polarized-wave microstrip antenna can consist of giving notching or a toe wall to an antenna element.

[0194] In addition, it is realizable also by forming an antenna element layer by the pattern similar to drawing 14.

[0195] In the electromagnetic wave formality measuring device of the gestalt of this operation constituted as mentioned above, by using the circularly-polarized wave microstrip antenna 20 as an electromagnetic wave transceiver machine, the

electromagnetic wave transceiver machine which be the merit of the microstrip antenna stated with the gestalt of said the 8th or 9th operation be simplified, and a noise component reduction operation of the circularly-polarized wave antenna explained in an operation of the gestalt of said 10th operation can be done so a small and lightweight top.

[0196] In addition, although the circularly-polarized-wave microstrip antenna 20 is directly put in drawing 13 to the quality 1 of a device under test, as shown in above-mentioned drawing 11 , it is also applicable through a dielectric layer. In this case, an antenna property becomes possible [performing stable density measurement], without being dependent on dielectric constant change of the quality 1 of a device under test.

[0197] it not only become possible to measure by be stabilize , but it become possible to raise density measurement precision in a S/N ratio list , maintain a small , lightweight , and cheap point with the electromagnetic wave formality measuring device of the gestalt of this operation , also when the dielectric constant of the quality 1 of a device under test change with the temperature of the quality 1 of a device under test , or the concentration of a measuring object object , as mention above .

[0198] (The gestalt of the 12th operation: Correspond to claim 11) Drawing 15 is drawing showing the example of an outline configuration of the electromagnetic wave formality measuring device by the gestalt of this operation, it gives the same sign to the same element as drawing 9 and drawing 11 , omits the explanation, and describes only a part different here.

[0199] That is, in the electromagnetic wave formality measuring device of the gestalt of this operation, it is considering as the configuration using the multilayer microstrip antenna 21 which consists of two or more dielectric layers and two or more conductor layers as the 8th mentioned above or an electromagnetic wave transceiver machine in the gestalt of the 9th operation.

[0200] Although the typical property of the electromagnetic wave transceiver machine of a conventional type was shown in above-mentioned drawing 30 , in fact, the frequency range which can be used is not wide like [a microstrip antenna] the electromagnetic wave transceiver machine of a conventional type. Therefore, it is difficult to use a microstrip antenna except a design frequency.

[0201] However, the frequency range which can be used by piling up a dielectric layer and a conductor layer further on the conductor layer of a microstrip antenna can be extended.

[0202] Drawing 16 is drawing showing the example of a general configuration of the

multilayer microstrip antenna 21.

[0203] That is, as shown in drawing 16 , the 2nd dielectric layer 105 is piled up on an antenna element layer, and it is considering as the configuration which allotted the conductor layer 106 which has not been electrically combined on it. As for a dielectric layer 102 and the 2nd dielectric layer 105, that from which a dielectric constant generally differs is used. Moreover, it is common to take the somewhat small conductor layer 106 to the antenna element layer 103.

[0204] In addition, although drawing 16 is the case of a two-layer configuration, considering as the multilayer configuration of three or more layers is also considered.

[0205] Drawing 17 is drawing showing the typical return loss property of the multilayer microstrip antenna 21.

[0206] That is, since the trough near optimum frequency is loose as shown in drawing 17 , the width of face of the frequency which can be used can use breadth and two or more frequencies. Moreover, since frequency dependent [of transceiver reinforcement] falls, the need of measuring the property of an electromagnetic wave transceiver machine and sorting out a suitable group at the time of manufacture is lost.

[0207] In the electromagnetic wave formality measuring device of the gestalt of this operation constituted as mentioned above, by using the multilayer microstrip antenna 21 which consists of two or more dielectric layers and two or more conductor layers as an electromagnetic wave transceiver machine, the electromagnetic wave transceiver machine which is the merit of the microstrip antenna stated with the gestalt of said the 8th or 9th operation is simplified, and the straitness of the use frequency range which is the weak spot of a microstrip antenna can be improved a small and lightweight top.

[0208] In addition, although the multilayer microstrip antenna 21 is directly put in drawing 15 to the quality 1 of a device under test, as shown in above-mentioned drawing 11 , it is also applicable through a dielectric layer.

[0209] it become unnecessary it not only become possible to measure by be stabilize , but to be able to use it in a large frequency range and to adjust an operating frequency further , maintain a small , lightweight , and cheap point with the electromagnetic wave formality measuring device of the gestalt of this operation , also when the dielectric constant of the quality 1 of a device under test change with the temperature of the quality 1 of a device under test , or the concentration of a measuring object object , as mention above .

[0210] (The gestalt of the 13th operation: Correspond to claim 12) Drawing 18 is drawing showing the example of an outline configuration of the electromagnetic wave formality measuring device by the gestalt of this operation, it gives the same sign to the

same element as drawing 28 , omits the explanation, and describes only a part different here.

[0211] That is, in the electromagnetic wave formality measuring device of the gestalt of this operation, it is considering as the configuration using the self-assistant opposite mold antenna 22 or the antenna of a configuration similar to it as an electromagnetic wave transceiver machine in the conventional configuration mentioned above.

[0212] the self-assistant opposite antenna 22 ideal here -- an infinity flat-surface top -- a conductor -- the section and the space section are considered as the configuration allotted to central symmetry, and the example is shown in drawing 19 .

[0213] The big description of the self-assistant opposite antenna 22 is that the input impedance is not based on the frequency of an electromagnetic wave, but is set to one half of the characteristic impedances of a transceiver medium.

[0214] Drawing 20 is drawing showing the return loss property of the ideal self-assistant opposite antenna 22.

[0215] Although perfect impedance matching cannot be taken but fixed loss is always produced since an impedance is always $1/2$ of a medium as shown in drawing 20 , the antenna which can be used on any frequencies can be constituted.

[0216] Since it is impossible to constitute an infinity flat surface in fact, the magnitude of an antenna must presuppose that it is limited. Then, according to the lowest frequency to need, an antenna is constituted as magnitude of wavelength extent corresponding to lowest frequency.

[0217] Drawing 21 is drawing showing the return loss property in this case, and it becomes usable more than a certain lowest frequency [it].

[0218] in the electromagnetic wave formality measuring device of the gestalt of this operation constituted as mentioned above , since the transceiver frequency characteristics of an antenna become fixed as the operation of the gestalt of said 12th operation explained by using the self-assistant opposite mold antenna 22 or the antenna of a configuration similar to it as an electromagnetic wave transceiver machine , the straitness of the usable frequency span of the transceiver machine which had become a problem by the conventional method be solvable .

[0219] it become unnecessary it not only become possible to measure by be stabilize , but to be able to use it in a large frequency range and to adjust an operating frequency further , maintain a small , lightweight , and cheap point with the electromagnetic wave formality measuring device of the gestalt of this operation , also when the dielectric constant of the quality 1 of a device under test change with the temperature of the quality 1 of a device under test , or the concentration of a measuring object object , as

mention above .

[0220] (The gestalt of the 14th operation: Correspond to claim 13) Drawing 22 is drawing showing the example of an outline configuration of the electromagnetic wave formality measuring device by the gestalt of this operation, it gives the same sign to the same element as drawing 28 , omits the explanation, and describes only a part different here.

[0221] That is, in the electromagnetic wave formality measuring device of the gestalt of this operation, it is considering as the configuration using the spiral antenna 23 as an electromagnetic wave transceiver machine in the gestalt of the 13th operation mentioned above.

[0222] Drawing 23 (a) and (b) are drawings showing the example of a general configuration of the spiral antenna 23.

[0223] That is, as shown in drawing 23 , the spiral antenna 23 is a kind of a self-assistant opposite antenna, and is considered as the configuration which has arranged the conductor from the core to the curled form.

[0224] drawing 23 (a) -- the conductor of two sheets -- a plate is arranged to a curled form. A vortical mathematical configuration has two common kinds, **** and a logarithm, and the thing especially using a logarithm is called a log spiral antenna.

[0225] Moreover, drawing 28 (b) coils two lead wire around a curled form, and calls this an Archimedean spiral antenna.

[0226] It combines the property of a self-assistant opposite antenna, and the property of a circularly-polarized-wave antenna in order to transmit and receive a circularly-polarized wave as that configuration shows this spiral antenna 23.

[0227] In the electromagnetic wave formality measuring device of the gestalt of this operation constituted as mentioned above, the noise component removal operation by the circularly-polarized wave explained with the gestalt of said 10th operation can be collectively done so by using the spiral antenna 23 as an electromagnetic wave transceiver machine with an expansion operation of the usable frequency domain explained with the gestalt of said 13th operation.

[0228] As mentioned above, in the electromagnetic wave formality measuring device of the gestalt of this operation Maintaining a small, lightweight, and cheap point, also when the dielectric constant of the quality 1 of a device under test changes with the temperature of the quality 1 of a device under test, or the concentration of a measuring object object It becomes possible it not only to become possible to measure by being stabilized, but for it to become unnecessary to be able to use it in a large frequency range and to adjust an operating frequency, and to raise density measurement precision

in a S/N ratio list further.

[0229] (The gestalt of the 15th operation: Correspond to claim 14) Drawing 24 is drawing showing the example of an outline configuration of the electromagnetic wave formality measuring device by the gestalt of this operation, it gives the same sign to the same element as drawing 22 , omits the explanation, and describes only a part different here.

[0230] That is, in the electromagnetic wave formality measuring device of the gestalt of this operation, it is considering as the configuration using the cone spiral antenna 24 which formed the spiral antenna in the shape of a cone as an electromagnetic wave transceiver machine in the gestalt of the 14th operation mentioned above.

[0231] Drawing 25 is drawing showing the example of a general configuration of the cone spiral antenna 24.

[0232] Although a spiral antenna from the first is a congruence directional antenna which has directivity on both a side front and a background to a whorl side, to an electromagnetic wave formality measuring device, its unidirectional antenna which has directivity in an one direction is desirable. In this case, the cone spiral antenna of monodactylia tropism is realizable by forming a spiral antenna in the shape of a cone.

[0233] In the electromagnetic wave formality measuring device of the gestalt of this operation constituted as mentioned above, since monodactylia tropism can be given to a spiral antenna in addition to doing so the operation by having used the spiral antenna 23 explained with the gestalt of said 14th operation by using the cone spiral antenna 24 as an electromagnetic wave transceiver machine, electromagnetic wave transceiver reinforcement can be raised and a S/N ratio can be improved.

[0234] As mentioned above, in the electromagnetic wave formality measuring device of the gestalt of this operation Maintaining a small, lightweight, and cheap point, also when the dielectric constant of the quality 1 of a device under test changes with the temperature of the quality 1 of a device under test, or the concentration of a measuring object object It becomes possible for it to become unnecessary it to not only to become possible to measure by being stabilized, but to be able to use it in a large frequency range and to adjust an operating frequency, to prevent aggravation of the accuracy of measurement by the fall of a S/N ratio further, and to perform stable density measurement.

[0235] (The gestalt of the 16th operation: Correspond to claim 15) Drawing 26 is drawing showing the example of an outline configuration of the electromagnetic wave formality measuring device by the gestalt of this operation, it gives the same sign to the same element as drawing 22 , omits the explanation, and describes only a part different

measurement by the fall of a S/N ratio, and was stabilized.

[0243] Moreover, since he is trying to control the directivity of an electromagnetic wave, it becomes possible by being able to control the electromagnetic wave propagation range of the quality of a device under test according to the purpose of use, and making the dimension of an electromagnetic wave transceiver machine small to miniaturize equipment.

[0244] Since he is trying not to receive the dispersion electromagnetic wave from which the direction of polarization differs, it becomes unnecessary furthermore, to be able to raise density measurement precision in a S/N ratio list, and to be able to use it in a large frequency range, and to adjust an operating frequency further.

[0245] Since receiving reinforcement increases and high degree of accuracy and an extremely stable electromagnetic wave formality measuring device can be obtained, since it is made to give the various means for reducing the reflection generated on a different-species dielectric boundary, and it is made to give the various means for high degree of accuracy, monodactylia tropism, a miniaturization, and a broadband to an electromagnetic wave transceiver machine by the above, an electromagnetic wave formality measuring device with the engine performance higher than before can be obtained.

DESCRIPTION OF DRAWINGS

[Brief Description of the Drawings]

[Drawing 1] The block diagram showing the gestalt of operation of the 1st of the electromagnetic wave formality measuring device by this invention.

[Drawing 2] The block diagram showing the gestalt of operation of the 2nd of the electromagnetic wave formality measuring device by this invention.

[Drawing 3] The block diagram showing the gestalt of operation of the 3rd of the electromagnetic wave formality measuring device by this invention.

[Drawing 4] The block diagram showing the gestalt of operation of the 4th of the electromagnetic wave formality measuring device by this invention.

[Drawing 5] Drawing showing the general structure of a multilayer microstrip antenna.

[Drawing 6] The block diagram showing the gestalt of operation of the 5th of the electromagnetic wave formality measuring device by this invention.

[Drawing 7] The block diagram showing the gestalt of operation of the 6th of the electromagnetic wave formality measuring device by this invention.

[Drawing 8] The block diagram showing the gestalt of operation of the 7th of the

electromagnetic wave formality measuring device by this invention.

[Drawing 9] The block diagram showing the gestalt of operation of the 8th of the electromagnetic wave formality measuring device by this invention.

[Drawing 10] Drawing showing the typical return loss property of a multilayer microstrip antenna.

[Drawing 11] The block diagram showing the gestalt of operation of the 9th of the electromagnetic wave formality measuring device by this invention.

[Drawing 12] The block diagram showing the gestalt of operation of the 10th of the electromagnetic wave formality measuring device by this invention.

[Drawing 13] The block diagram showing the gestalt of operation of the 11th of the electromagnetic wave formality measuring device by this invention.

[Drawing 14] Drawing showing the general configuration of a self-assistant opposite antenna.

[Drawing 15] The block diagram showing the gestalt of operation of the 12th of the electromagnetic wave formality measuring device by this invention.

[Drawing 16] Drawing showing the return loss property of an ideal self-assistant opposite antenna.

[Drawing 17] Drawing showing the general return loss property of an actual self-assistant opposite antenna.

[Drawing 18] The block diagram showing the gestalt of operation of the 13th of the electromagnetic wave formality measuring device by this invention.

[Drawing 19] Drawing showing the general structure of a spiral antenna.

[Drawing 20] Drawing showing the general structure of a cone spiral antenna.

[Drawing 21] Drawing showing the general structure of a microstrip spiral antenna.

[Drawing 22] The block diagram showing the gestalt of operation of the 14th of the electromagnetic wave formality measuring device by this invention.

[Drawing 23] The block diagram showing the outline of the electromagnetic wave formality measuring device by the conventional method.

[Drawing 24] The block diagram showing the gestalt of operation of the 15th of the electromagnetic wave formality measuring device by this invention.

[Drawing 25] The mimetic diagram for explaining reflection by the dielectric interface.

[Drawing 26] The block diagram showing the gestalt of operation of the 16th of the electromagnetic wave formality measuring device by this invention.

[Drawing 27] Drawing showing the typical return loss property of the electromagnetic wave transceiver machine in the electromagnetic wave formality measuring device of the conventional method.

[Drawing 28] The mimetic diagram for explaining the principle of a quarter-wave length plate.

[Drawing 29] Drawing showing the general structure of a microstrip antenna.

[Drawing 30] Drawing showing the general component pattern of a circularly-polarized-wave microstrip antenna.

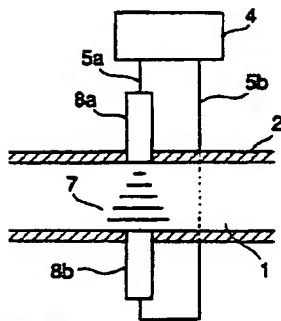
[Description of Notations]

- 1 -- Quality of a device under test,
- 2 -- Measurement tubing,
- 3a, 3b -- Electromagnetic wave transparency aperture,
- 4 -- Conversion means,
- 5a, 5b -- Waveguide,
- 6a -- Transmitting antenna,
- 6b -- Receiving antenna
- 7 -- Transparency electromagnetic wave,
- 8a, 8b -- Dielectric waveguide,
- 9 -- Metal waveguide,
- 10 -- Dielectric,
- 11 -- Metal plate,
- 12 -- Quarter-wave length plate,
- 13 -- Dielectric rod,
- 14 -- Electromagnetic horn
- 15 -- Dielectric lens
- 16 -- Microstrip antenna,
- 17 -- Dielectric plate,
- 18 -- Circularly-polarized-wave antenna,
- 19 -- Circularly-polarized wave,
- 20 -- Circularly-polarized-wave microstrip antenna,
- 21 -- Multilayer microstrip antenna,
- 22 -- Self-assistant opposite antenna,
- 23 -- Spiral antenna,
- 24 -- Cone spiral antenna,
- 25 -- Microstrip spiral antenna,
- 101 -- Touch-down conductor layer,
- 102 -- Dielectric layer,
- 103 -- Antenna element layer,
- 104 -- Coaxial cable

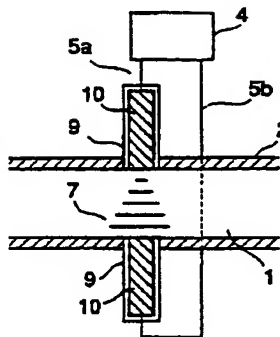
105 -- The 2nd dielectric layer,

106 -- Conductor layer.

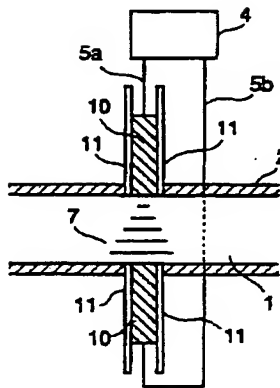
Drawing 1
【図 1】



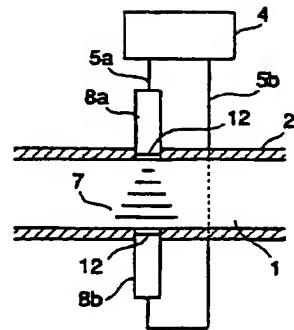
Drawing 2
【図 2】



Drawing 3
【図 3】

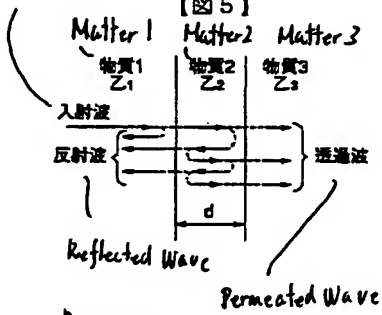


Drawing 4
【図 4】

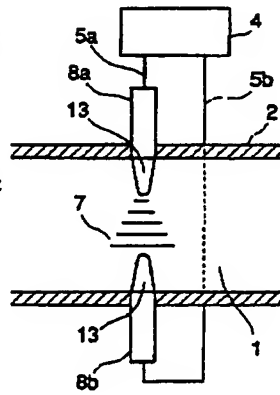


Inputted Wave

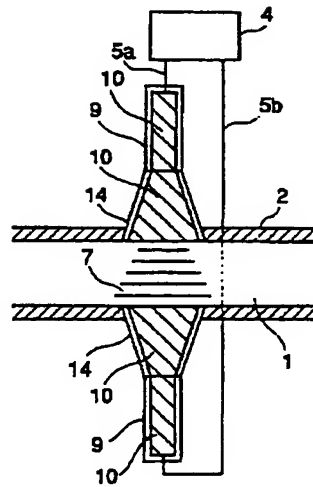
Drawing 5
【図 5】



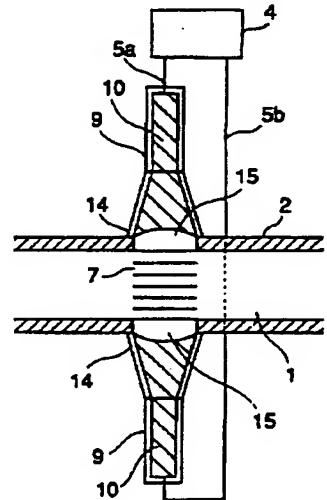
Drawing 6
【図 6】



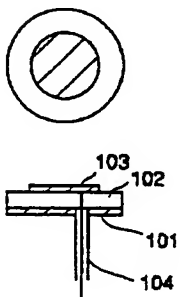
Drawing 7
【図 7】



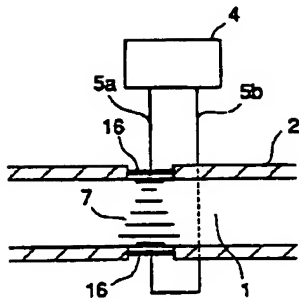
Drawing 8
【図 8】



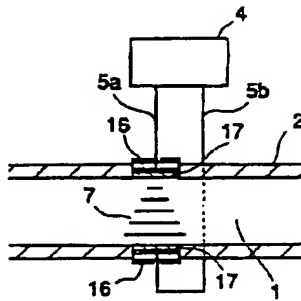
Drawing 10
【図 10】



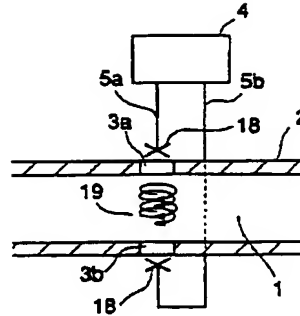
Drawing 9
【図 9】



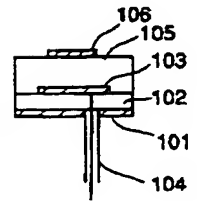
Drawing 11
【図 11】



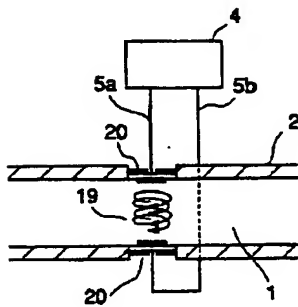
Drawing 12
【図 12】



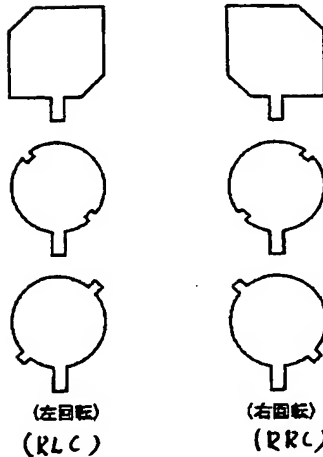
Drawing 16
【図 16】



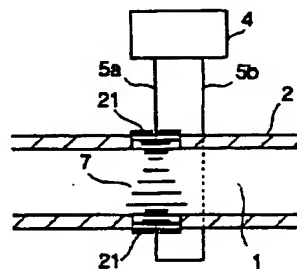
Drawing 13
【図 13】



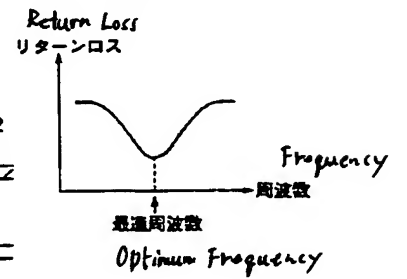
Drawing 14
【図 14】



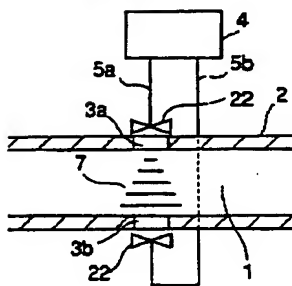
Drawing 15
【図 15】



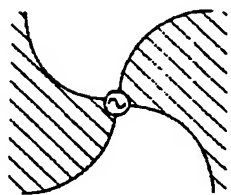
Drawing 17
【図 17】



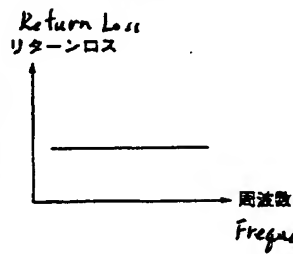
Drawing 18
【図 18】



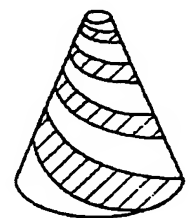
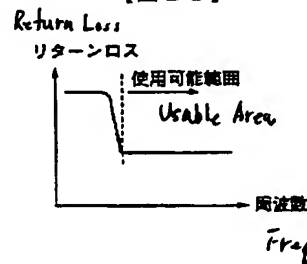
Drawing 19
【図 19】



Drawing 20
【図 20】

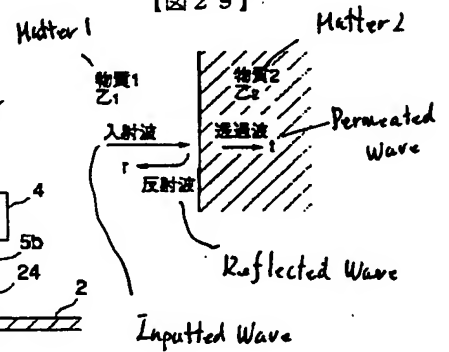


Drawing 21
【図 21】

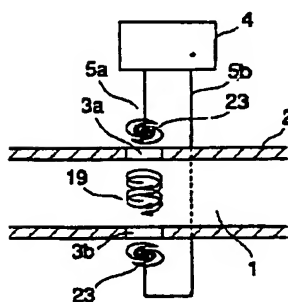


Frequency

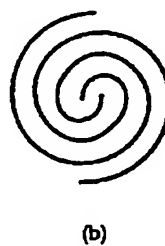
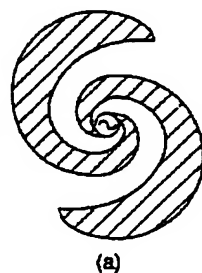
Drawing 29
【図 29】



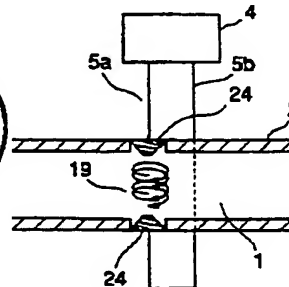
Drawing 22
【図 22】



Drawing 23
【図 23】

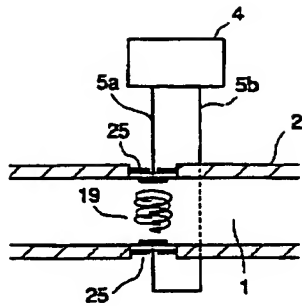


Drawing 24
【図 24】



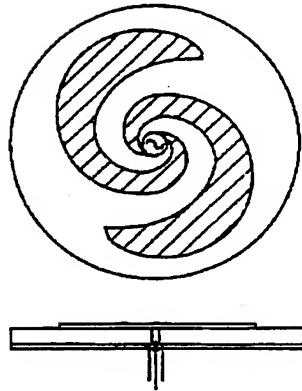
Drawing 26

【図26】



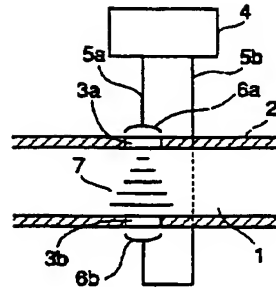
Drawing 27

【図27】



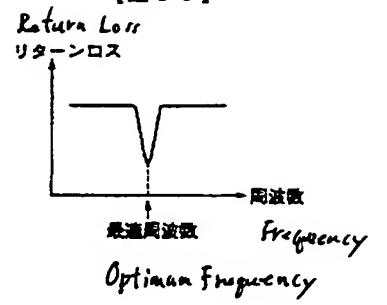
Drawing 28

【図28】



Drawing 30

【図30】



(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2001-83102

(P2001-83102A)

(43) 公開日 平成13年3月30日 (2001.3.30)

(51) Int.Cl.	識別記号	F I	テ-マ-ト* (参考)
G 0 1 N	22/00	G 0 1 N 22/00	G
	22/04	22/04	K
			Z

審査請求 未請求 請求項の数15 O L (全 18 頁)

(21) 出願番号 特願平11-259555

(22) 出願日 平成11年9月13日 (1999.9.13)

(71) 出願人 000003078

株式会社東芝

神奈川県川崎市幸区堀川町72番地

(72) 発明者 宮根 裕司

東京都府中市東芝町1番地 株式会社東芝
府中工場内

(72) 発明者 渡邊 一弘

東京都府中市東芝町1番地 株式会社東芝
府中工場内

(74) 代理人 100058479

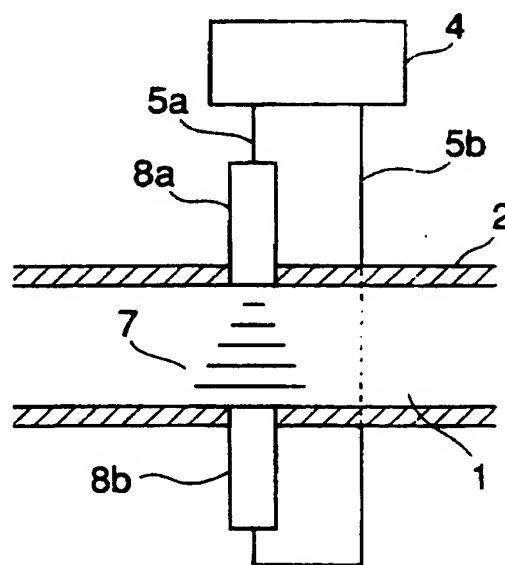
弁理士 鈴江 武彦 (外6名)

(54) 【発明の名称】 電磁波式濃度測定装置

(57) 【要約】

【課題】 高精度、小型、安定性および性能の高い電磁波式濃度測定装置を得ること。

【解決手段】 被測定物質1が存在している測定管（または測定容器）2の中に、電磁波送受信器により電磁波を送信し被測定物質1内を透過した電磁波7を受信して、被測定物質1に含まれる測定対象物の濃度を測定する電磁波式濃度測定装置において、電磁波送受信器に誘電体導波路8a, 8bを用い、当該誘電体導波路8a, 8bより測定対象物へ直接電磁波を送信する。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 被測定物質が存在している測定管または測定容器の中に、電磁波送受信器により電磁波を送信し前記被測定物質内を透過した電磁波を受信して、前記被測定物質に含まれる測定対象物の濃度を測定する電磁波式濃度測定装置において、

前記電磁波送受信器に誘電体導波路を用い、当該誘電体導波路より前記測定対象物へ直接電磁波を送信するようにしたことを特徴とする電磁波式濃度測定装置。

【請求項 2】 前記請求項 1 に記載の電磁波式濃度測定装置において、
前記誘電体導波路として、内部に誘電体を充填した金属導波管を用いたことを特徴とする電磁波式濃度測定装置。

【請求項 3】 前記請求項 1 に記載の電磁波式濃度測定装置において、
前記誘電体導波路として、NRD ガイドを用いたことを特徴とする電磁波式濃度測定装置。

【請求項 4】 被測定物質が存在している測定管または測定容器の中に、電磁波送受信器により電磁波を送信し前記被測定物質内を透過した電磁波を受信して、前記被測定物質に含まれる測定対象物の濃度を測定する電磁波式濃度測定装置において、
前記電磁波送受信器と前記被測定物質との間に、電磁波反射を低減する 1/4 波長板を挿入したことを特徴とする電磁波式濃度測定装置。

【請求項 5】 被測定物質が存在している測定管または測定容器の中に、電磁波送受信器により電磁波を送信し前記被測定物質内を透過した電磁波を受信して、前記被測定物質に含まれる測定対象物の濃度を測定する電磁波式濃度測定装置において、
前記電磁波送受信器として、誘電体ロッドアンテナを用いたことを特徴とする電磁波式濃度測定装置。

【請求項 6】 被測定物質が存在している測定管または測定容器の中に、電磁波送受信器により電磁波を送信し前記被測定物質内を透過した電磁波を受信して、前記被測定物質に含まれる測定対象物の濃度を測定する電磁波式濃度測定装置において、
前記電磁波送受信器として、内部に誘電体を充填した電磁ホーンを用いたことを特徴とする電磁波式濃度測定装置。

【請求項 7】 被測定物質が存在している測定管または測定容器の中に、電磁波送受信器により電磁波を送信し前記被測定物質内を透過した電磁波を受信して、前記被測定物質に含まれる測定対象物の濃度を測定する電磁波式濃度測定装置において、
前記電磁波送受信器に、電磁波指向性および屈折率を調整する誘電体レンズを組み合わせたことを特徴とする電磁波式濃度測定装置。

【請求項 8】 被測定物質が存在している測定管または

測定容器の中に、電磁波送受信器により電磁波を送信し前記被測定物質内を透過した電磁波を受信して、前記被測定物質に含まれる測定対象物の濃度を測定する電磁波式濃度測定装置において、

前記電磁波送受信器として、マイクロストリップアンテナを用いたことを特徴とする電磁波式濃度測定装置。

【請求項 9】 被測定物質が存在している測定管または測定容器の中に、電磁波送受信器により電磁波を送信し前記被測定物質内を透過した電磁波を受信して、前記被測定物質に含まれる測定対象物の濃度を測定する電磁波式濃度測定装置において、
前記電磁波送受信器として、円偏波アンテナを用いたことを特徴とする電磁波式濃度測定装置。

【請求項 10】 前記請求項 8 に記載の電磁波式濃度測定装置において、
前記マイクロストリップアンテナは、円偏波アンテナであることを特徴とする電磁波式濃度測定装置。

【請求項 11】 前記請求項 8 に記載の電磁波式濃度測定装置において、
前記マイクロストリップアンテナは、複数の誘電体層と複数の導体層とからなる多層構造としたことを特徴とする電磁波式濃度測定装置。

【請求項 12】 被測定物質が存在している測定管または測定容器の中に、電磁波送受信器により電磁波を送信し前記被測定物質内を透過した電磁波を受信して、前記被測定物質に含まれる測定対象物の濃度を測定する電磁波式濃度測定装置において、
前記電磁波送受信器として、自己補対アンテナ、またはそれに類似した形状のアンテナを用いたことを特徴とする電磁波式濃度測定装置。

【請求項 13】 前記請求項 12 に記載の電磁波式濃度測定装置において、
前記電磁波送受信器は、スパイラルアンテナとしたことを特徴とする電磁波式濃度測定装置。

【請求項 14】 前記請求項 13 に記載の電磁波式濃度測定装置において、前記スパイラルアンテナは、円錐状に形成したことを特徴とする電磁波式濃度測定装置。

【請求項 15】 前記請求項 13 に記載の電磁波式濃度測定装置において、

前記スパイラルアンテナは、マイクロストリップアンテナとして構成したことを特徴とする電磁波式濃度測定装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、被測定物質に電磁波を送信し、被測定物質内を透過した電磁波を受信して、被測定物質に含まれる測定対象物の濃度を測定する電磁波式濃度測定装置に係り、特に受信強度を大幅に増加して、高精度でかつ安定性の高い濃度測定を行なえるようにした小型でかつ性能の高い電磁波式濃度測定装置

に関するものである。

【0002】

【従来の技術】従来から、被測定物質に含まれる測定対象物の濃度を測定する手段として、被測定物質に電磁波を送信し、被測定物質内を透過した電磁波を受信し、送信波と受信波から得られる情報を測定対象物の濃度に変換する方法が知られている。

【0003】図28は、この種の従来方式による電磁波式濃度測定装置の概要構成例を示す図である。

【0004】図28において、被測定物質1は、測定管10（または測定容器）2の中に存在している。

【0005】測定管2の対向する2箇所には、一对の電磁波透過窓3a、3bが取り付けられている。

【0006】変換手段4より高周波を発生し、導波路5aを通じて送信アンテナ6aより電磁波を入射する。導波路としては、通常、高周波用同軸ケーブルやセミリジッドケーブル等が使用される。そして、入射された電磁波は、電磁波透過窓3aを通り、被測定物質1の中を透過する。

【0007】被測定物質1の中を透過する透過電磁波720は、被測定物質1の性質の違いによって、強度と伝搬速度が変化する。この透過電磁波7は、反対側の電磁波透過窓3bを通して受信アンテナ6bにより受信され、導波路5bを通じて変換手段4に伝えられる。

【0008】変換手段4は、送信波と受信波の情報を、被測定物質1に含まれる測定対象物の濃度に変換する。

【0009】ここで、変換方法としては、第1に、測定対象物による電磁波の減衰を利用して送信波と受信波との強度比から濃度を算出する方法、第2に、測定対象物による電磁波速度の変化を利用する方法があるが、最近では、第2の方法を応用して、送信波と受信波の位相差を検出し濃度に変換する方法が多く用いられてきている。

【0010】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、前述のような従来方式による電磁波式濃度測定装置においては、次に示すような問題点がある。

【0011】（第1の問題点）第1の問題点として、電磁波が異なる異なる物質に入射する際の反射がある。

【0012】まず、問題点を説明するための理論的準備として、物質の特性インピーダンスを導入する。特性イ40

$$t = \frac{2 \min(Z_1, Z_2)}{Z_1 + Z_2}$$

$$r = \frac{|Z_1 - Z_2|}{Z_1 + Z_2}$$

【0024】（5）式において、 $\min(Z_1, Z_2)$ は、 Z_1, Z_2 のうち小さい方の値である。

ンピーダンス Z は、物質の誘電率を ϵ 、透磁率を μ として、次式で表わされる。

【0013】

【数1】

$$Z = \sqrt{\frac{\mu}{\epsilon}} \quad \text{—— (1)}$$

【0014】真空中の誘電率を ϵ_0 、真空中の透磁率を μ_0 とすると、真空の特性インピーダンス Z_0 は、次式で表わされる。

【0015】

【数2】

$$Z_0 = \sqrt{\frac{\mu_0}{\epsilon_0}} = 376.7 (\Omega) \quad \text{—— (2)}$$

【0016】次に、物質の比誘電率 ϵ_r 、比透磁率 μ_r を、次式により定義する。

【0017】

【数3】

$$\begin{aligned} \epsilon_r &= \epsilon / \epsilon_0 \\ \mu_r &= \mu / \mu_0 \end{aligned} \quad \text{—— (3)}$$

【0018】物質の比誘電率 ϵ_r 、比透磁率 μ_r を用いると、物質の特性インピーダンス Z は、真空中の特性インピーダンス Z_0 を用いて次式で表わされる。

【0019】

【数4】

$$Z = Z_0 \sqrt{\frac{\mu_r}{\epsilon_r}} \quad \text{—— (4)}$$

【0020】次に、電磁波が物質1から物質2に入射する場合を考える。

【0021】図29に示すように、電磁波を物質1から物質2に入射させると、物質1と物質2の特性インピーダンスの違いによって、物質1と物質2との境界で電磁波の一部が反射される。

【0022】電磁波の透過率 t 、反射率 r は、物質1の特性インピーダンス Z_1 、物質2の特性インピーダンス Z_2 を用いて、次式で表わされる。

【0023】

【数5】

$$\text{—— (5)}$$

【0025】さらに、従来例である図28の場合を考える。50

【0026】アンテナの周囲は空気であるとする、空気の特性インピーダンスは真空中の特性インピーダンス Z_0 にほぼ等しいから、送信アンテナ 6 a から発せられた電磁波は、特性インピーダンス Z_0 の媒質を伝わって電磁波透過窓 3 a に入射する。

【0027】一般に、電磁波透過窓 3 a の特性インピーダンスは、真空中の特性インピーダンス Z_0 とは異なるため、境界面で電磁波の反射を生じる。

【0028】次に、電磁波透過窓 3 a を透過した電磁波は、被測定物質 1 に入射するが、ここでも被測定物質 1 の特性インピーダンスは、一般に電磁波透過窓 6 a の特性インピーダンスとは異なるため、やはり電磁波の反射

を生じる。

【0029】以後同様に、電磁波は被測定物質 1 と電磁波透過窓 3 b との間、電磁波透過窓 3 b と受信アンテナ 6 b 周囲の空気との間で電磁波の反射を生じる。

【0030】説明を簡単にするために、アンテナの指向性やアンテナの指向性等、境界面の反射以外の影響を全て無視すると、被測定物質 1 の特性インピーダンスを Z_s 、電磁波透過窓 3 a、3 b の特性インピーダンスを Z_w として、送信アンテナ 6 a から受信アンテナ 6 b への電磁波透過率 t_{total} は、次式で表わされる。

【0031】

【数 6】

$$t_{total} = 16 \left\{ \frac{\min(Z_0, Z_w) \cdot \min(Z_w, Z_s)}{(Z_0 + Z_w)(Z_w + Z_s)} \right\}^2 \quad (6)$$

【0032】次に、被測定物質 1 と電磁波透過窓 3 a、3 b の一般的物性について論じる。

【0033】多くの物質では、比透磁率はほぼ 1 に等しいことが知られている。磁性体と呼ばれる種類の物質は 1 とは大きく異なる比透磁率を持つが、これらが被測定物質あるいは測定対象物となることは希であり、本説明では簡単のために、被測定物質および測定対象物の比透磁率は 1 であると仮定する。

【0034】ただし、比透磁率が 1 でない場合でも、特性インピーダンスを用いた説明は有効であり、本発明全般にわたってその手段は有効であることを付け加えておく。

【0035】一方、物質の比誘電率は物質の分子構造の違いによって一般に大きく異なる。被測定物質 1 は、通常、水中に測定対象物が混じったものであり、その誘電率は水の比誘電率と水中の測定対象物質の比誘電率との比によって決まる。

【0036】測定対象物の濃度比があまり高くない場合には、被測定物質の誘電率は、媒質である水の比誘電率に比較的近い値をとる。水の比誘電率は約 80 程度で、温度と電磁波の周波数に対する依存性がある。

【0037】水の比誘電率を 80、比透磁率を 1 として前記 (2) 式に代入すると、水の特性インピーダンスは約 42 (Ω) である。

【0038】また、電磁波透過窓は減衰の少ない誘電体が用いられる。

【0039】減衰の少ない誘電体としてよく用いられる物質にはテフロン樹脂があり、その誘電率は約 2、特性インピーダンスは約 266 (Ω) である。

【0040】これらを (6) 式に代入すると、透過率として 0.051 を得る。

【0041】すなわち、受信アンテナまで伝わる電磁波は全体の約 5% に過ぎず、残りは物質との境界で反射され失われてしまう。このため、従来の電磁波式濃度測定

装置では、受信される電磁波が微弱であった。

【0042】なお、上記の説明では、問題点を説明し易くするために、導電性を有する物質内を伝搬する電磁波は減衰を生じることを無視してきたが、水を始めとして現実の被測定物質は多少とも導電性を有するため、実際の測定においては、導電性による減衰を考慮しなければならない。

【0043】このため、導電率の高い物質では、電磁波の受信が困難になり、S/N 比の低下による精度の悪化や、最悪の場合には濃度測定が行えなくなることがあった。

【0044】(第 2 の問題点) 第 2 の問題点として、電磁波の指向性がある。

【0045】アンテナ等の電磁波発生器は、その設計方法を工夫することにより指向性を持たせることができる。通常のアンテナは、空気中に対する電磁波の送受信を目的として設計され、現在までに各種の指向性アンテナが提案されている。

【0046】しかしながら、電磁波式濃度測定装置では、被測定物質に対する送受信を行なうため、空気中での送受信を想定して従来方式をそのまま用いることができない。

【0047】さらに、従来方式の電磁波式濃度測定装置では、送受信アンテナと被測定物質との間に電磁波透過窓が介在するため、被測定物質に対して電磁波指向性を直接制御することができず、被測定物質内を効率よく伝搬させることができなかった。

【0048】(第 3 の問題点) 第 3 の問題点として、電磁波送受信器の大きさがある。

【0049】一般に、電磁波送受信器として用いられるアンテナの大きさは、電磁波伝搬媒質中の電磁波波長に依存し、アンテナに用いられる素子の長さは、波長と同じかまたはその半分の 1/2 波長が一般的である。

【0050】電磁波式濃度測定装置に用いられる電磁波

周波数は、1GHz～2GHz程度が一般的であり、これらの空気中の波長は15cm～30cm程度になるから、仮に1/2波長のアンテナを構成した場合、素子の長さは7.5～15cm程度になる。

【0051】配管取付型の電磁波式濃度測定装置は、口径100mm～300mm程度であることから、このままでは電磁波式濃度測定装置に用いるには大きすぎる。そのため従来型の電磁波式濃度測定装置では、アンテナに誘電率の高い物質を充填する等の方法で、アンテナを小型化する必要があった。

【0052】（第4の問題点）第4の問題点として、従来方式の電磁波式濃度測定装置では、被測定物質が液体である場合で、かつ被測定物質が不均一であったり、内部に気泡が混入された場合、濃度に誤差が生じる問題があった。以下、この原因について説明する。

【0053】すなわち、被測定物質の不均一または気泡の存在によって、電磁波の一部が散乱される。従来の電磁波式濃度測定装置では、受信アンテナに到達する全ての電磁波を受信していたが、受信電磁波では、被測定物質を透過した電磁波だけでなく、被測定物質の不均一または気泡の存在による散乱電磁波も同時に受信される。濃度測定に必要な受信電磁波は、被測定物質を透過した電磁波であるため、散乱電磁波が測定誤差の原因となる。

【0054】（第5の問題点）第5の問題点は、電磁波送受信器の周波数帯域に起因する。

【0055】従来方式の電磁波式濃度測定装置に用いられている電磁波送受信器は、使用できる電磁波周波数の幅が狭く、また最適周波数にばらつきがあるという問題点があった。

【0056】図30は、従来方式の電磁波式濃度測定装置に用いられている電磁波送受信器の典型的特性を示すグラフ図である。

【0057】これは、リターンロス測定と称し、送信アンテナに向けて送られた電力に対する、放射されずに反射されて戻ってきた電力の比を、周波数を変えて測定したものであり、アンテナの効率検証法として一般的な測定方法である。

【0058】図30において、縦軸の値が低い程、アンテナとしての性能が高くなる。一般に、全てのアンテナの性能には周波数依存性があるが、従来方式の電磁波式濃度測定装置に用いられている電磁波送受信器は、図30に示すように、最適周波数付近が鋭い谷になっており、使用できる周波数範囲が狭かった。

【0059】また、最適周波数には、部品毎にばらつきがあったため、製品に使用する場合には、実際にリターンロス測定を行ない、最適周波数の適合する電磁波送受信器の組を選別する必要があった。

【0060】さらに、この問題は、電磁波式濃度測定装置の性能・機能向上の妨げとなっていた。水を始めとす

る被測定物質には、電磁波周波数に対する依存性があるため、異なる周波数で測定を行なうことにより、得られる情報量は増加する。

【0061】また、送信波と受信波との位相差を検出して濃度に変換する方式の電磁波式濃度測定装置では、360°以上の位相差が生じた場合に、これを判定することが困難であるが、2つ以上の異なる周波数で位相差を測定することにより、360°以上の位相差を判定することができる。

10 【0062】しかしながら、従来方式の電磁波式濃度測定装置に用いられている電磁波送受信器は、使用できる周波数範囲が狭かったため、事実上1周波数でしか測定を行なうことができなかった。

【0063】本発明の目的は、受信強度を大幅に増加して、高精度でかつ安定性の高い濃度測定を行なうことが可能な小型でかつ性能の高い電磁波式濃度測定装置を提供することにある。

【0064】

20 【課題を解決するための手段】上記の目的を達成するために、請求項1の発明では、被測定物質が存在している測定管または測定容器の中に、電磁波送受信器により電磁波を送信し被測定物質内を透過した電磁波を受信して、被測定物質に含まれる測定対象物の濃度を測定する電磁波式濃度測定装置において、電磁波送受信器に誘電体導波路を用い、当該誘電体導波路より測定対象物へ直接電磁波を送信するようにしている。

30 【0065】従って、請求項1の発明の電磁波式濃度測定装置においては、電磁波送受信器に誘電体導波路を用い、この誘電体導波路より測定対象物へ直接電磁波を送信することにより、電磁波送受信器と被測定物質との間の介在物が少ないため、受信強度を大幅に向上させることができる。これにより、導電性を有する物質において受信強度不足のため測定困難となる問題を大きく改善し、高精度でかつ安定性の高い濃度測定を行なうことができる。

【0066】また、請求項2の発明では、上記請求項1の発明の電磁波式濃度測定装置において、誘電体導波路として、内部に誘電体を充填した金属導波管を用いている。

40 【0067】従って、請求項2の発明の電磁波式濃度測定装置においては、誘電体導波路として、内部に誘電体を充填した金属導波管を用いることにより、誘電体導波路の周囲を金属壁で囲んだ状態となり、誘電体導波路から外部への電磁波漏れを防止して、電送特性を向上することができる。

【0068】さらに、請求項3の発明では、上記請求項1の発明の電磁波式濃度測定装置において、誘電体導波路として、NRDガイドを用いている。

50 【0069】従って、請求項3の発明の電磁波式濃度測定装置においては、誘電体導波路としてNRDガイドを

用いることにより、金属板の間隔を十分小さくすると、誘電体導波路以外で電磁波伝搬を生じることができなくなるため、誘電体導波路からの電磁波の漏れが無くなる。これにより、前述した請求項2の発明と同様の作用を、より単純な構成で得ることができる。

【0070】一方、請求項4の発明では、被測定物質が存在している測定管または測定容器の中に、電磁波送受信器により電磁波を送信し被測定物質内を透過した電磁波を受信して、被測定物質に含まれる測定対象物の濃度を測定する電磁波式濃度測定装置において、電磁波送受信器と被測定物質との間に、電磁波反射を低減する1/4波長板を挿入している。

【0071】従って、請求項4の発明の電磁波式濃度測定装置においては、電磁波送受信器と被測定物質との間に、電磁波反射を低減する1/4波長板を挿入することにより、異種物質間で生じる電磁波の反射を抑制する、すなわち境界面での反射を抑制して、受信強度を向上させることができる。

【0072】また、請求項5の発明では、被測定物質が存在している測定管または測定容器の中に、電磁波送受信器により電磁波を送信し被測定物質内を透過した電磁波を受信して、被測定物質に含まれる測定対象物の濃度を測定する電磁波式濃度測定装置において、電磁波送受信器として、誘電体ロッドアンテナを用いている。

【0073】従って、請求項5の発明の電磁波式濃度測定装置においては、電磁波送受信器として誘電体ロッドアンテナを用いることにより、誘電体ロッドアンテナを被測定物質に突き出すと、棒状部分から電磁波が被測定物質に伝わって被測定物質に伝搬し、一方棒状部分では誘電体の境界が生じるが、電磁波伝搬方向に対して垂直ではないため、電磁波の反射はほとんど起こらない。これにより、前述した請求項4の発明と同様の反射低減作用を別の原理により得ることができる。

【0074】さらに、請求項6の発明では、被測定物質が存在している測定管または測定容器の中に、電磁波送受信器により電磁波を送信し被測定物質内を透過した電磁波を受信して、被測定物質に含まれる測定対象物の濃度を測定する電磁波式濃度測定装置において、電磁波送受信器として、内部に誘電体を充填した電磁ホーンを用いている。

【0075】従って、請求項6の発明の電磁波式濃度測定装置においては、電磁波送受信器として、内部に誘電体を充填した電磁ホーンを用いることにより、電磁ホーンの開口面積を調整することで、電磁波が透過する範囲を変更させることができるため、測定対象となる被測定物質の中で実際に測定したい領域を自由に調整することができる。

【0076】一方、請求項7の発明では、被測定物質が存在している測定管または測定容器の中に、電磁波送受信器により電磁波を送信し被測定物質内を透過した電磁

波を受信して、被測定物質に含まれる測定対象物の濃度を測定する電磁波式濃度測定装置において、電磁波送受信器に、電磁波指向性および屈折率を調整する誘電体レンズを組み合わせている。

【0077】従って、請求項7の発明の電磁波式濃度測定装置においては、電磁波送受信器に、電磁波指向性および屈折率を調整する誘電体レンズを組み合わせることにより、被測定物質に一様性の高い電磁波を透過させることができ、また受信側では送信時に揃えられた向きに進入する電磁波のみを受信することができ、散乱による雑音成分の電磁波を除去することができ、前述した請求項6の発明と同様に、測定対象となる被測定物質の中で実際に測定したい領域を自由に調整することができる。

【0078】また、請求項8の発明では、被測定物質が存在している測定管または測定容器の中に、電磁波送受信器により電磁波を送信し被測定物質内を透過した電磁波を受信して、被測定物質に含まれる測定対象物の濃度を測定する電磁波式濃度測定装置において、電磁波送受信器として、マイクロストリップアンテナを用いている。

【0079】従って、請求項8の発明の電磁波式濃度測定装置においては、電磁波送受信器としてマイクロストリップアンテナを用いることにより、電磁波送受信器が単純化され、小型で軽量かつ安価な装置を実現することができる。

【0080】さらに、請求項9の発明では、被測定物質が存在している測定管または測定容器の中に、電磁波送受信器により電磁波を送信し被測定物質内を透過した電磁波を受信して、被測定物質に含まれる測定対象物の濃度を測定する電磁波式濃度測定装置において、電磁波送受信器として、円偏波アンテナを用いている。

【0081】従って、請求項9の発明の電磁波式濃度測定装置においては、電磁波送受信器として円偏波アンテナを用いることにより、被測定物質には円偏波が伝搬し、送信時と同じ向きの円偏波成分のみを受信するため、異なる向きの円偏波成分として散乱される電磁波を除去し、誤差を低減することができる。

【0082】一方、請求項10の発明では、上記請求項8の発明の電磁波式濃度測定装置において、マイクロストリップアンテナは、円偏波アンテナとしている。

【0083】従って、請求項10の発明の電磁波式濃度測定装置においては、電磁波送受信器として円偏波マイクロストリップアンテナを用いることにより、前述した第8の発明の作用である小型化かつ軽量化と、前述した第9の発明の作用である誤差低減作用と同時に実現することができる。

【0084】また、請求項11の発明では、上記請求項8の発明の電磁波式濃度測定装置において、マイクロストリップアンテナは、複数の誘電体層と複数の導体層とからなる多層構造としている。

【0085】従って、請求項11の発明の電磁波式濃度測定装置においては、電磁波送受信器として、複数の導体層と複数の誘電体層とからなる多層マイクロストリップアンテナを用いることにより、前述した第8の発明の作用である小型化かつ軽量化を生かすことができると共に、マイクロストリップアンテナの弱点である使用周波数範囲の狭さを改善することができる。

【0086】一方、請求項12の発明では、被測定物質が存在している測定管または測定容器の中に、電磁波送受信器により電磁波を送信し被測定物質内を透過した電磁波を受信して、被測定物質に含まれる測定対象物の濃度を測定する電磁波式濃度測定装置において、電磁波送受信器として、自己補対アンテナ、またはそれに類似した形状のアンテナを用いている。

【0087】従って、請求項12の発明の電磁波式濃度測定装置においては、電磁波送受信器として、自己補対アンテナ、またはそれに類似した形状のアンテナを用いることにより、アンテナの送受信周波数特性が一定となるため、前述した第11の発明と同様の作用を実現することができる。

【0088】また、請求項13の発明では、上記請求項12の発明の電磁波式濃度測定装置において、電磁波送受信器は、スパイラルアンテナとしている。

【0089】従って、請求項13の発明の電磁波式濃度測定装置においては、電磁波送受信器としてスパイラルアンテナを用いることにより、前述した第12の発明と同様の作用である使用可能周波数領域の拡大作用と、前述した第9の発明の作用である円偏波による性能向上作用とを同時に実現することができる。

【0090】さらに、請求項14の発明では、上記請求項13の発明の電磁波式濃度測定装置において、スパイラルアンテナは、円錐状に形成している。

【0091】従って、請求項14の発明の電磁波式濃度測定装置においては、電磁波送受信器として円錐スパイラルアンテナを用いることにより、前述した第13の発明と同様の作用に加えてスパイラルアンテナに単指向性を与えることができるため、送受信強度を上げることができ、S/N比が向上する、すなわち電磁波送受信特性を向上させることができる。

【0092】さらにまた、請求項15の発明では、上記請求項13の発明の電磁波式濃度測定装置において、スパイラルアンテナは、マイクロストリップアンテナとして構成している。

【0093】従って、請求項15の発明の電磁波式濃度測定装置においては、電磁波送受信器としてマイクロストリップスパイラルアンテナを用いることにより、前述した第13の発明と同様の作用に加えてスパイラルアンテナに単指向性を与えることができるため、電磁波送受信特性を向上させることができる。また、前述した第14の発明と同様の作用を実現することができる。

【0094】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施の形態について図面を参照して詳細に説明する。

【0095】（第1の実施の形態：請求項1に対応）図1は、本実施の形態による電磁波式濃度測定装置の概要構成例を示す図であり、図28と同一要素には同一符号を付して示している。

【0096】図1において、被測定物質1は、測定管（または測定容器）2の中に存在している。

10 【0097】変換手段4より高周波を発生し、導波路5aを通じて、電磁波送受信器である誘電体導波路8aに導き、この導波路8aより被測定物質1へ直接電磁波を送信して入射する。そして、入射された電磁波は、被測定物質1の中を透過する。

【0098】被測定物質1の中を透過する透過電磁波7は、被測定物質1の性質の違いによって、強度と伝搬速度が変化する。この透過電磁波7は、電磁波受信器である反対側の誘電体導波路8bを通って受信され、導波路5bを通じて変換手段4に伝える。

20 【0099】変換手段4は、送信波と受信波の情報を、被測定物質1に含まれる測定対象物の濃度に変換する。

【0100】次に、以上のように構成した本実施の形態の電磁波式濃度測定装置の作用について説明する。

【0101】図1において、変換手段4で発生した高周波は、まず導波路5aを通り、誘電体導波路8aに導かれる。誘電体導波路8aに導かれた電磁波は、被測定物質1に直接入射される。そして、被測定物質1を透過した電磁波は、誘電体導波路8bで受信され、導波路5bを通じて変換手段4に伝えられる。

30 【0102】変換手段4では、送信波と受信波の情報を基に、被測定物質1に含まれる測定対象物の濃度に変換される。

【0103】変換方法としては、測定対象物による電磁波の減衰を利用して送信波と受信波との強度比から濃度を算出する方法、あるいは測定対象物による電磁波速度の変化を利用する方法があるが、後者の方法を応用して、送信波と受信波の位相差を検出し濃度に変換する方法が多く用いられる。

40 【0104】ここで、電磁波は、誘電体導波路8aに導かれた後、被測定物質1に直接導かれることから、前述した図28の場合と比較すると、本実施の形態の方が、変換手段4と被測定物質1との間の介在物が少ない。

【0105】そのため、電磁波の全体の透過率は、図28の場合には、前述の（6）式となり、本実施の形態の場合には、誘電体導波路8aの特性インピーダンスを Z_g とすると、全体としての透過率 t'_{total} は、次式のように表わされる。

【0106】

【数7】

$$t'_{total} = 4 \left\{ \frac{\min(z_g, z_s)}{(z_g + z_s)} \right\}^2 \quad \text{--- (7)}$$

【0107】そして、上記計算の通り受信強度が増大し、電気計算に使用した状況では、具体例として、誘電体導波路 8a に用いる誘電体として、最も一般的な比誘電率 2 のテフロン樹脂を用い、被測定物質 1 が水であったとすると、透過率は 0.074 となり、前述した従来の場合と比較して、約 45% 強度が増加する。

【0108】また、誘電体導波路 8a に用いる誘電体として、より一層誘電率が高い物質を用いることにより、受信強度をさらに上げることができる。

【0109】高周波用材料として用いられる誘電体セラミックスは、組成比を調整することにより、様々な誘電率を持った製品がある。その中には、高い誘電率を持ったものもあり、比誘電率 20~30 程度のものを探すことは難しくない。

【0110】ここで、比誘電率 30 の誘電体セラミックスを使用した場合、比誘電率 30 の誘電体の特性インピーダンスは 68.8 (Ω) であり、これを誘電体導波路 8a として、上記 (7) 式により誘電率を計算すると、0.575 となり、従来の場合と比較して 10 倍以上の大幅な改善になる。

【0111】理想的には、水と同じ誘電率を持った誘電体を用いることができれば、透過率は 1 となる。水は、導電性を有し、水中で電磁波は減衰を受けるため、水路を誘電体導波路 8a として使用することはできない。しかし、近年では、誘電率 80 程度の誘電体セラミックスが入手可能である。

【0112】前述したように、水の誘電率は、温度と電磁波周波数に依存するため、全ての条件で特性インピーダンスを完全に整合させることは困難であるが、被測定物質 1 の温度と使用する周波数帯域に合わせて誘電体の比誘電率を選択することにより、特性インピーダンスをほぼ整合させることが可能である。

【0113】これにより、導電性を有する物質において受信強度不足のために測定困難となるという問題を大きく改善することができる。

【0114】上述したように、本実施の形態の電磁波式濃度測定装置では、電磁波伝搬時の誘電体境界で生じる反射を抑えて、電磁波受信強度を上げるようにしているので、S/N 比の低下による測定精度の悪化を防止して、安定した濃度測定を行なうことが可能となる。

【0115】(第 2 の実施の形態：請求項 2 に対応) 図 2 は、本実施の形態による電磁波式濃度測定装置の概要構成例を示す図であり、図 1 と同一要素には同一符号を付してその説明を省略し、ここでは異なる部分についてのみ述べる。

【0116】すなわち、本実施の形態の電磁波式濃度測

定装置では、前述した第 1 の実施の形態における電磁波送受信器である誘電体導波路として、金属導波管 9 の内部に誘電体 10 を充填したものをを用いる構成としている。

【0117】以上のように構成した本実施の形態の電磁波式濃度測定装置においては、誘電体導波路として、内部に誘電体 10 を充填した金属導波管 9 を用いていることにより、誘電体導波路の周囲を金属壁で囲んだ状態となるため、誘電体導波路から外部への電磁波漏洩が防止される。

【0118】これにより、電磁波の損失をさらに少なくすることができ、電磁波の電送特性を向上することができる。

【0119】上述したように、本実施の形態の電磁波式濃度測定装置では、電磁波の損失をより一層少なくして、電磁波の電送特性を向上することが可能となる。

【0120】(第 3 の実施の形態：請求項 3 に対応) 図 3 は、本実施の形態による電磁波式濃度測定装置の概要構成例を示す図であり、図 1 と同一要素には同一符号を付してその説明を省略し、ここでは異なる部分についてのみ述べる。

【0121】すなわち、本実施の形態の電磁波式濃度測定装置では、前述した第 1 の実施の形態における電磁波送受信器である誘電体導波路として、NRD ガイドを用いる構成としている。

【0122】ここで、NRD ガイドは、誘電体 10 を 2 枚の金属板 11 で挟んだ構成をとり、NRD ガイドを形成している。

【0123】以上のように構成した本実施の形態の電磁波式濃度測定装置においては、誘電体導波路として誘電体 10 を 2 枚の金属板 11 で挟んだ構成の NRD ガイドを用いていることにより、金属板 11 の間隔を十分小さくすると、誘電体導波路以外で電磁波伝搬を生じることができなくなるため、誘電体導波路からの電磁波漏洩が無くなる。

【0124】これにより、前述した第 2 の実施の形態の場合と同様の電磁波損失抑制作用を、より単純な構成で得ることができる。

【0125】上述したように、本実施の形態の電磁波式濃度測定装置では、より単純な構成で電磁波の損失をより一層少なくして、電磁波の電送特性を向上することが可能となる。

【0126】(第 4 の実施の形態：請求項 4 に対応) 図 4 は、本実施の形態による電磁波式濃度測定装置の概要構成例を示す図であり、図 1 と同一要素には同一符号を付してその説明を省略し、ここでは異なる部分について

のみ述べる。

【0127】すなわち、本実施の形態の電磁波式濃度測定装置では、前述した第1の実施の形態における電磁波送受信器である誘電体導波路8a、8bと被測定物質1との間に、電磁波反射を低減する1/4波長板12を挿入する構成としている。

【0128】以上のように構成した本実施の形態の電磁波式濃度測定装置においては、誘電体導波路8a、8bと被測定物質1との間に、電磁波反射を低減する1/4波長板12を挿入していることにより、異種物質間で生じる電磁波の反射を抑制する、すなわち境界面での反射を抑制して、前述した第1の形態の場合よりもさらに大きな受信強度を確保することができる。

【0129】ここで、1/4波長板12とは、電磁波損失の小さい誘電体の板厚を調整し、使用する電磁波に対して1/4波長となるようにしたものである。

【0130】使用する電磁波の周波数を f 、比誘電率 ϵ_r の誘電体中の波長を λ 、真空中の電磁波速度を c とすると、1/4波長板12の板厚 d は、誘電率 ϵ を用いて次式のように表わされる。

【0131】

【数8】

$$\lambda = \frac{c}{f\sqrt{\epsilon_r}} \quad \text{--- (8)}$$

$$d = \frac{\lambda}{4} = \frac{c}{4f\sqrt{\epsilon_r}}$$

【0132】1/4波長板12には、異種物質間で生じる電磁波の反射を抑制する作用があり、以下にその原理

$$\frac{Z_2}{Z_1} = \frac{Z_3}{Z_2}$$

【0138】すなわち、特に(9)式の関係が成立するように、1/4波長板12の材質を選択することにより、反射を完全に除去することができる。

【0139】反射が減少すれば、より多くの電磁波が物質2を経由して物質3まで伝搬するため、反射率の減少

$$d = (2n + 1)\lambda / 4 \quad n = 0, 1, 2, \dots \quad \text{--- (10)}$$

【0142】となる全ての場合において有効である。

【0143】これにより、電磁波式濃度測定装置に1/4波長板12を組み合わせることにより、境界面での反射を抑制して、受信強度を向上させることができる。

【0144】上述したように、本実施の形態の電磁波式濃度測定装置では、電磁波伝搬時の誘電体境界で生じる反射を抑えて、前述した第1の形態の場合よりもさらに電磁波受信強度を上げるようにしているので、S/N比の低下による測定精度の悪化を防止して、より一層安定した濃度測定を行なうことが可能となる。

について述べる。

【0133】図5に模式図を示すように、物質1と物質3との間に、1/4波長分の厚さを持つ物質2を挿入した場合を考える。物質1より入射した電磁波は、物質1と物質2、物質2と物質3のそれぞれの境界面で反射を生じる。このように、境界面が2箇所以上ある場合には、中間の物質で多重反射が発生する。図5の場合には、物質2の前後で多重反射が生じており、物質1に戻る反射波は、次の反射波を合成したものとなる。

【0134】(a) 物質1と物質2との境界で生じた反射波

(b) 物質2と物質3との境界で生じた反射波

(c) 物質2の内部を2回往復した反射波

(d) 物質2の内部を3回往復した反射波、以後無限回まで続く。

【0135】ここで、物質2の厚さが1/4波長であることを考えると、(1)の反射波と(2)の反射波は物質2を1往復した分、すなわち半波長分の位相が異なる。このため、(a)の反射波と(b)の反射波は互いに打ち消し合う。同様に考えると、偶数番目の反射波と奇数番目の反射波とがそれぞれ打ち消し合うことが分かる。

【0136】それぞれの境界での反射は、前述の(5)式によって求められるから、図5の場合の反射係数も、これを応用して計算することができる。そして、物質1、物質2、物質3の特性インピーダンスをそれぞれ Z_1 、 Z_2 、 Z_3 とすると、次式のような条件を満たす場合に、反射波が完全に打ち消されることが分かる。

【0137】

【数9】

$$\text{--- (9)}$$

分だけ透過率が増加する。

【0140】なお、上記の説明では、物質2の厚さは1/4波長であるとしたが、より一般的には、厚さ d が

【0141】

【数10】

$$\text{--- (10)}$$

【0145】(第5の実施の形態：請求項5に対応) 図6は、本実施の形態による電磁波式濃度測定装置の概要構成例を示す図であり、図1と同一要素には同一符号を付してその説明を省略し、ここでは異なる部分についてのみ述べる。

【0146】すなわち、本実施の形態の電磁波式濃度測定装置では、前述した第1の実施の形態における電磁波送受信器である誘電体導波路8a、8bの先端に、電磁波送受信方向に誘電体ロッド(棒状の誘電体)13を取り付け、これをアンテナとして電磁波の送受信を行な

う、すなわち電磁波送受信器である誘電体導波路 8 a, 8 b として誘電体ロッドアンテナを用いる構成としている。

【0147】ここで、誘電体ロッド 13 は、図 5 に示すように先が細くなっており、先端部は反射を防止するため丸みを設けている。また、本例では、誘電体ロッドアンテナを、被測定物質 1 に直接突き出した状態で使用するようになっている。

【0148】以上のように構成した本実施の形態の電磁波式濃度測定装置においては、電磁波送受信器である誘電体導波路 8 a, 8 b として誘電体ロッドアンテナを用いていることにより、誘電体ロッドアンテナを被測定物質 1 に突き出すと、送信側の誘電体ロッド 13 の形状を工夫して先を細くしているため、誘電体ロッド 13 の棒状部分（壁面）から電磁波が漏れ出し、被測定物質 1 に伝わって被測定物質 1 に伝搬する。

【0149】一方、棒状部分では誘電体の境界が生じるが、電磁波伝搬方向に対して垂直ではないため、電磁波の反射はほとんど起こらない。

【0150】この場合、誘電体ロッド 13 と被測定物質 1 の比誘電率が異なっている場合でも、大きな反射を生じることなく送信を行なうことができる。また、受信時も同様であり、誘電体ロッド 13 の形状を工夫することにより、反射による受信強度低下を抑制することができる。

【0151】これにより、前述した第 4 の実施の形態の場合と同様の反射低減作用を、別の原理により得ることができる。

【0152】上述したように、本実施の形態の電磁波式濃度測定装置では、電磁波伝搬時の誘電体境界で生じる反射を抑えて、さらに電磁波受信強度を上げるようにしているので、前述した第 4 の実施の形態の場合と同様に、S/N 比の低下による測定精度の悪化を防止して、より一層安定した濃度測定を行なうことが可能となる。

【0153】（第 6 の実施の形態：請求項 6 に対応）図 7 は、本実施の形態による電磁波式濃度測定装置の概要構成例を示す図であり、図 1 と同一要素には同一符号を付してその説明を省略し、ここでは異なる部分についてのみ述べる。

【0154】すなわち、本実施の形態の電磁波式濃度測定装置では、前述した第 1 の実施の形態における電磁波送受信器である誘電体導波路として、金属導波管 9 の内部に誘電体 10 を挿入したものをを用い、その先端に電磁ホーン 14 を取り付け、さらに電磁ホーン 14 の内部に誘電体 10 を充填する、すなわち電磁波送受信器である誘電体導波路として内部に誘電体 10 を充填した電磁ホーン 14 を用いる構成としている。

【0155】以上のように構成した本実施の形態の電磁波式濃度測定装置においては、電磁波送受信器である誘電体導波路として、内部に誘電体 10 を充填した電磁ホ

ーン 14 を用いていることにより、電磁ホーン 14 の開口面積を調整することで、電磁波が透過する範囲を変更させることができるため、測定対象となる被測定物質 1 の中で実際に測定したい領域を自由に調整することができる。

【0156】すなわち、電磁波が被測定物質 1 に入射する前に電磁ホーン 14 を経由することにより、電磁波が広がった状態で被測定物質 1 に入射し、広範囲の被測定物質 1 に電磁波が送信される。また、受信時も同様に、電磁ホーン 14 の開口部全体から入射する電磁波が受信され、広範囲の被測定物質 1 からの透過電磁波が受信される。

【0157】前述した従来の場合には、電磁波透過窓 3 a, 3 b を経由して電磁波を入射していたことから、被測定物質 1 のうちで実際の測定対象となっているのは、電磁波透過窓 3 a, 3 b 近辺の物質に限られていたのに対して、本実施の形態では、電磁波送受信器に電磁ホーン 14 を用い、電磁ホーン 14 の開口面積を調整することにより、電磁波が透過する範囲を変更して電磁波に任意の広がりを持たせることができるため、測定対象となる被測定物質 1 の中で実際に測定したい領域を自由に調整することができる。

【0158】上述したように、本実施の形態の電磁波式濃度測定装置では、測定対象となる被測定物質 1 の中で実際に測定したい領域を自由に調整することが可能となる。

【0159】（第 7 の実施の形態：請求項 7 に対応）図 8 は、本実施の形態による電磁波式濃度測定装置の概要構成例を示す図であり、図 7 と同一要素には同一符号を付してその説明を省略し、ここでは異なる部分についてのみ述べる。

【0160】すなわち、本実施の形態の電磁波式濃度測定装置では、前述した第 6 の実施の形態における電磁ホーン 14 の先端に誘電体レンズ 15 を取り付け、これにより電磁波の広がりを調整する、すなわち電磁波送受信器である誘電体導波路に、電磁波指向性および屈折率を調整する誘電体レンズ 15 を組み合わせる構成としている。

【0161】本例では、誘電体レンズ 15 を誘電体 10 よりも誘電率の高い物質で作成し、誘電体レンズ 15 の凸面を誘電体 10 に突き出した半凸レンズとして形成している。

【0162】以上のように構成した本実施の形態の電磁波式濃度測定装置においては、電磁ホーン 14 の先端に、電磁波指向性および屈折率を調整する誘電体レンズ 15 を取り付けていることにより、誘電体レンズ 15 は、可視光におけるレンズと同様の原理で電磁波の向きを変え、電磁波の指向性を調整するため、測定対象となる被測定物質 1 の中で実際に測定したい領域を自由に調整することができる。

【0163】すなわち、電磁ホーン14で広げられた電磁波が誘電体レンズ15によって方向を変え、送信電磁波の進行方向が揃えられる。これにより、被測定物質1に一様性の高い電磁波を透過させることができる。また、受信側では送信時に揃えられた向きに進入する電磁波のみを受信することができ、散乱による雑音成分の電磁波を除去することができる。

【0164】これにより、前述した第6の実施の形態の場合と同様に、測定対象となる被測定物質1の中で実際に測定したい領域を自由に調整することができる。

【0165】上述したように、本実施の形態の電磁波式濃度測定装置では、電磁波の指向性を制御するようにしているので、被測定物質1への電磁波伝搬範囲を使用目的に応じて制御することができるため、前述した第6の形態の場合と同様に、測定対象となる被測定物質1の中で実際に測定したい領域を自由に調整することが可能となる。

【0166】(変形例) 上記において、誘電体レンズ15の材質として、誘電体10よりも誘電率の小さい物質を用いる場合には、図7の場合とは逆に凹レンズにすることにより、図7の実施の形態の場合と同様の作用効果を得ることができる。

【0167】(第8の実施の形態：請求項8に対応) 図9は、本実施の形態による電磁波式濃度測定装置の概要構成例を示す図であり、図1と同一要素には同一符号を付してその説明を省略し、ここでは異なる部分についてのみ述べる。

【0168】すなわち、本実施の形態の電磁波式濃度測定装置では、前述した第1の実施の形態における電磁波送受信器としてマイクロストリップアンテナ16を用い、このマイクロストリップアンテナ16の導体面を被測定物質1に直接接して送信する構成としている。

【0169】ここで、マイクロストリップアンテナ16は、導体層に誘電体層を乗せた基板上に面状の導体を配してアンテナとするものである。

【0170】図10は、マイクロストリップアンテナの一般的構成例を示す図である。すなわち、図10に示すように、接地導体層101の上に誘電体層102を重ね、この誘電体層102の上にアンテナ素子層103を配した構成としている。

【0171】なお、図10では、アンテナ素子層103は円形であるが、方形のアンテナ素子層もよく用いられる。マイクロストリップアンテナは、通常、送受信媒質に対して、1波長あるいは1/2波長分の方形パッチ形状または円形パッチ形状のアンテナ素子層を形成するのが一般的である。マイクロストリップアンテナの一般的特徴として、小型、軽量、平面状であり、基板から製造できるため大量生産に適していることが挙げられる。

【0172】以上のように構成した本実施の形態の電磁波式濃度測定装置においては、電磁波送受信器としてマ

イクロストリップアンテナ16を用いていることにより、電磁波送受信器が単純化され、小型で軽量かつ安価なものとするができる。

【0173】さらに、電磁波式濃度測定装置では、被測定物質1が水等の誘電率の高い物質である場合が多い。そして、これら高誘電率の被測定物質1に直接マイクロストリップアンテナ16の導体面を接して、被測定物質1に直接電磁波の送受信を行なう方式をとることにより、アンテナに対する送受信媒質は高誘電率の被測定物質1となる。すると、前述の(8)式のように、誘電体内の電磁波波長は誘電体の平方根に反比例するから、通常の空気中に対するマイクロストリップアンテナ16と比較してアンテナ素子の大きさが小さくなる。

【0174】例えば、被測定物質1に水を想定して比誘電率が80であるとする、これに直接電磁波の送受信を行なうマイクロストリップアンテナ16の大きさは、空気を媒質とするアンテナの約11%になる。元々、マイクロストリップアンテナ16は、小型で軽量のアンテナであるが、本実施の形態によればより一層小型のアンテナを実現することができる。

【0175】上述したように、本実施の形態の電磁波式濃度測定装置では、電磁波送受信器が単純化され、小型で軽量かつ安価な装置を得ることが可能となる。

【0176】(第9の実施の形態：請求項8に対応) 図11は、本実施の形態による電磁波式濃度測定装置の概要構成例を示す図であり、図9と同一要素には同一符号を付してその説明を省略し、ここでは異なる部分についてのみ述べる。

【0177】すなわち、本実施の形態の電磁波式濃度測定装置では、前述した第8の実施の形態におけるマイクロストリップアンテナ16と被測定物質1との間に、誘電体板17を挿入する構成としている。

【0178】以上のように構成した本実施の形態の電磁波式濃度測定装置においては、マイクロストリップアンテナ16と被測定物質1との間に、誘電体板17を挿入していることにより、被測定物質1の誘電率が、被測定物質1の温度や測定対象物の濃度によって変化する場合にも、安定して測定を行なうことができる。

【0179】すなわち、マイクロストリップアンテナ16の最適送受信周波数は、導電部の寸法と伝搬媒質の波長とによって決まる。前述した第8の実施の形態の図9に示すような構成では、伝搬媒質が被測定物質1であるため、被測定物質1の誘電率が被測定物質1の温度や測定対象物の濃度によって変化する場合は、媒質内の波長が変化するため、最適送受信周波数は変化する。そのため、誘電率変化が大きい場合には、図9の構成を採用することが困難になることもある。

【0180】これに対して、図11に示す本実施の形態では、マイクロストリップアンテナ16と被測定物質1との間に誘電体板17を挿入していることにより、マイ

クロストリップアンテナ 16 に対する伝搬媒質は誘電体板 17 になる。このため、被測定物質 1 に起因する誘電率変化が生じた場合でも、マイクロストリップアンテナ 16 の最適送受信周波数は変化せず、マイクロストリップアンテナ 16 のメリットはそのままに、安定して測定を行なうことができる。

【0181】さらに、誘電体板 17 の厚さを調整して、1/4 波長板とすることにより、誘電体境界で生じる反射を削減することができる。

【0182】上述したように、本実施の形態の電磁波式濃度測定装置では、被測定物質 1 の誘電率が被測定物質 1 の温度や測定対象物の濃度によって変化する場合にも、マイクロストリップアンテナ 16 のメリットである、小型で軽量かつ安価な点を維持しつつ、安定して測定を行なうことが可能となる。

【0183】（第 10 の実施の形態：請求項 9 に対応）図 12 は、本実施の形態による電磁波式濃度測定装置の概要構成例を示す図であり、図 28 と同一要素には同一符号を付してその説明を省略し、ここでは異なる部分についてのみ述べる。

【0184】すなわち、本実施の形態の電磁波式濃度測定装置では、前述した従来の構成における電磁波送受信器として円偏波アンテナ 18 を用いる構成としている。

【0185】以上のように構成した本実施の形態の電磁波式濃度測定装置においては、電磁波送受信器として円偏波アンテナ 18 を用いていることにより、被測定物質 1 には円偏波 19 が伝搬する。この場合、円偏波の送受信を行なう円偏波アンテナ 18 の偏波方向を揃えておくことにより、散乱等によって生じる反対方向の偏波成分を除去して、濃度測定誤差を低下させる作用を奏する。

【0186】すなわち、円偏波 19 は、電磁界が電磁波進行方向を軸として時間と共に回転する電磁波であり、右回転（正）の円偏波、左回転（負）の円偏波の 2 種類がある。円偏波アンテナ 18 は、円偏波の送受信を行なうアンテナであるが、正負どちらか一方の円偏波のみを送受信対象とするという大きな性質を有する。そのため、受信用の円偏波アンテナ 18 には、そのアンテナと同じ方向の円偏波成分だけが受信され、もう一方の円偏波成分は受信されない。

【0187】一方、先に第 4 の問題点として、被測定物質 1 の不均一または気泡の存在による散乱電磁波を受信することによって誤差が大きくなる問題点を説明したが、本実施の形態では、円偏波アンテナ 18 を用いて、送受信アンテナの偏波方向を正負どちらかに統一していることから、被測定物質 1 の不均一または気泡の存在によって円偏波 19 が散乱される場合、一般に偏波方向は保存されず、正負両方の偏波成分が散乱される。このため、受信アンテナで送信時と同じ向きの円偏波成分のみを受信することにより、異なる向きの円偏波成分として散乱される電磁波を除去し、誤差を低減することができ

る。

【0188】上述したように、本実施の形態の電磁波式濃度測定装置では、偏波方向の異なる散乱電磁波を受信しないようにしているので、S/N 比並びに濃度測定精度を向上させることが可能となる。

【0189】（第 11 の実施の形態：請求項 10 に対応）図 13 は、本実施の形態による電磁波式濃度測定装置の概要構成例を示す図であり、図 9 および図 11 と同一要素には同一符号を付してその説明を省略し、ここでは異なる部分についてのみ述べる。

【0190】すなわち、本実施の形態の電磁波式濃度測定装置では、前述した第 8 または第 9 の実施の形態における電磁波送受信器として円偏波マイクロストリップアンテナ 20 を用いる構成としている。

【0191】ここで、円偏波マイクロストリップアンテナ 20 は、導体面の形状や、給電方法に工夫を加えることにより、円偏波アンテナとして構成することができる。

【0192】図 14 は、円偏波マイクロストリップアンテナ 20 の一般的構成例を示す図である。なお、図 14 には、アンテナ素子パターンのみを示している。

【0193】すなわち、図 14 に示すように、アンテナ素子に切り欠きまたは突き出し部を与えることで、円偏波マイクロストリップアンテナを構成することができる。

【0194】なお、図 14 に類したパターンでアンテナ素子層を形成することによっても実現することができる。

【0195】以上のように構成した本実施の形態の電磁波式濃度測定装置においては、電磁波送受信器として円偏波マイクロストリップアンテナ 20 を用いていることにより、前記第 8 または第 9 の実施の形態で述べたマイクロストリップアンテナのメリットである、電磁波送受信器が単純化され、小型で軽量である上、前記第 10 の実施の形態の作用で説明した円偏波アンテナの雑音成分低減作用を奏することができる。

【0196】なお、図 13 では、円偏波マイクロストリップアンテナ 20 を被測定物質 1 に直接当てているが、前述の図 11 に示すように、誘電体層を介して適用することもできる。この場合には、アンテナ特性が被測定物質 1 の誘電率変化に依存することなく、安定した濃度測定を行なうことが可能となる。

【0197】上述したように、本実施の形態の電磁波式濃度測定装置では、被測定物質 1 の誘電率が被測定物質 1 の温度や測定対象物の濃度によって変化する場合にも、小型で軽量かつ安価な点を維持しつつ、安定して測定を行なうことが可能となるばかりでなく、S/N 比並びに濃度測定精度を向上させることが可能となる。

【0198】（第 12 の実施の形態：請求項 11 に対応）図 15 は、本実施の形態による電磁波式濃度測定装

置の概要構成例を示す図であり、図 9 および図 11 と同一要素には同一符号を付してその説明を省略し、ここでは異なる部分についてのみ述べる。

【0199】すなわち、本実施の形態の電磁波式濃度測定装置では、前述した第 8 または第 9 の実施の形態における電磁波送受信器として複数の誘電体層と複数の導体層とからなる多層マイクロストリップアンテナ 21 を用いる構成としている。

【0200】前述の図 30 に、従来型の電磁波送受信器の典型的特性を示したが、実はマイクロストリップアンテナも従来型の電磁波送受信器と同様に、使用できる周波数範囲は狭くない。そのため、マイクロストリップアンテナを設計周波数以外で使用することは困難である。

【0201】しかしながら、マイクロストリップアンテナの導体層の上に、さらに誘電体層と導体層を重ねることにより、使用できる周波数範囲を広げることができる。

【0202】図 16 は、多層マイクロストリップアンテナ 21 の一般的構成例を示す図である。

【0203】すなわち、図 16 に示すように、アンテナ素子層の上に第 2 誘電体層 105 を重ね、その上に電気的に結合していない導体層 106 を配した構成としている。誘電体層 102 と第 2 誘電体層 105 は、一般に誘電率が異なるものが用いられる。また、アンテナ素子層 103 に対して、導体層 106 は一回り小さくするのが一般的である。

【0204】なお、図 16 は 2 層構成の場合であるが、3 層以上の多層構成とすることも考えられる。

【0205】図 17 は、多層マイクロストリップアンテナ 21 の典型的リターンロス特性を示す図である。

【0206】すなわち、図 17 に示すように、最適周波数付近の谷が緩やかになっているため、使用できる周波数の幅が広がり、複数の周波数を用いることができるようになる。また、送受信強度の周波数依存性が低下するため、製造時に電磁波送受信器の特性を測定して適当な組を選別する必要が無くなる。

【0207】以上のように構成した本実施の形態の電磁波式濃度測定装置においては、電磁波送受信器として複数の誘電体層と複数の導体層とからなる多層マイクロストリップアンテナ 21 を用いていることにより、前記第 8 または第 9 の実施の形態で述べたマイクロストリップアンテナのメリットである、電磁波送受信器が単純化され、小型で軽量である上、マイクロストリップアンテナの弱点である使用周波数範囲の狭さを改善することができる。

【0208】なお、図 15 では、多層マイクロストリップアンテナ 21 を被測定物質 1 に直接当てているが、前述の図 11 に示すように、誘電体層を介して適用することもできる。

【0209】上述したように、本実施の形態の電磁波式

濃度測定装置では、被測定物質 1 の誘電率が被測定物質 1 の温度や測定対象物の濃度によって変化する場合にも、小型で軽量かつ安価な点を維持しつつ、安定して測定を行なうことが可能となるばかりでなく、広い周波数範囲で 사용할 ことができ、さらに使用周波数の調整を行なう必要がなくなる。

【0210】（第 13 の実施の形態：請求項 12 に対応）図 18 は、本実施の形態による電磁波式濃度測定装置の概要構成例を示す図であり、図 28 と同一要素には同一符号を付してその説明を省略し、ここでは異なる部分についてのみ述べる。

【0211】すなわち、本実施の形態の電磁波式濃度測定装置では、前述した従来の構成における電磁波送受信器として自己補対型アンテナ 22、またはそれに類似した形状のアンテナを用いる構成としている。

【0212】ここで、理想的な自己補対アンテナ 22 は、無限平面上に導体部と空間部を中心対称に配した構成としており、その一例を図 19 に示す。

【0213】自己補対アンテナ 22 の大きな特徴は、その入力インピーダンスが、電磁波の周波数によらず送受信媒質の特性インピーダンスの $1/2$ となることである。

【0214】図 20 は、理想的な自己補対アンテナ 22 のリターンロス特性を示す図である。

【0215】図 20 に示すように、インピーダンスは常に媒質の $1/2$ であるため、完全なインピーダンス整合はとれず、常に一定の損失を生じるが、いかなる周波数でも使用できるアンテナを構成することができる。

【0216】実際には、無限平面を構成することが不可能であるため、アンテナの大きさは有限としなければならない。そこで、必要とする最低周波数に合わせて、最低周波数に対応する波長程度の大きさとしてアンテナを構成する。

【0217】図 21 は、この場合のリターンロス特性を示す図であり、ある最低周波数以上が使用可能となる。

【0218】以上のように構成した本実施の形態の電磁波式濃度測定装置においては、電磁波送受信器として自己補対型アンテナ 22、またはそれに類似した形状のアンテナを用いていることにより、前記第 12 の実施の形態の作用で説明したように、アンテナの送受信周波数特性が一定となるため、従来方式で問題となっていた送受信器の使用可能周波数幅の狭さを解決することができる。

【0219】上述したように、本実施の形態の電磁波式濃度測定装置では、被測定物質 1 の誘電率が被測定物質 1 の温度や測定対象物の濃度によって変化する場合にも、小型で軽量かつ安価な点を維持しつつ、安定して測定を行なうことが可能となるばかりでなく、広い周波数範囲で 사용할 ことができ、さらに使用周波数の調整を行なう必要がなくなる。

【0220】（第14の実施の形態：請求項13に対応）図22は、本実施の形態による電磁波式濃度測定装置の概要構成例を示す図であり、図28と同一要素には同一符号を付してその説明を省略し、ここでは異なる部分についてのみ述べる。

【0221】すなわち、本実施の形態の電磁波式濃度測定装置では、前述した第13の実施の形態における電磁波送受信器としてスパイラルアンテナ23を用いる構成としている。

【0222】図23（a）および（b）は、スパイラルアンテナ23の一般的構成例を示す図である。

【0223】すなわち、図23に示すように、スパイラルアンテナ23は、自己補対アンテナの一種であり、中心より導体を渦巻き状に配置した構成としている。

【0224】図23（a）は、2枚の導体板を渦巻き状に配置したものである。渦巻きの数学的形状は、等角、対数の2種類が一般的であり、特に対数を用いたものをログスパイラルアンテナと称する。

【0225】また、図28（b）は、2本の導線を渦巻き状に巻いたものであり、これをアルキメデススパイラルアンテナと称する。

【0226】このスパイラルアンテナ23は、その形状が示す通り、円偏波の送受信を行なうため、自己補対アンテナの特性と、円偏波アンテナの特性とを兼ね備えている。

【0227】以上のように構成した本実施の形態の電磁波式濃度測定装置においては、電磁波送受信器としてスパイラルアンテナ23を用いていることにより、前記第13の実施の形態で説明した使用可能周波数領域の拡大作用と共に、前記第10の実施の形態で説明した円偏波による雑音成分除去作用とを併せて奏することができる。

【0228】上述したように、本実施の形態の電磁波式濃度測定装置では、被測定物質1の誘電率が被測定物質1の温度や測定対象物の濃度によって変化する場合にも、小型で軽量かつ安価な点を維持しつつ、安定して測定を行なうことが可能となるばかりでなく、広い周波数範囲で使用することができ、使用周波数の調整を行なう必要がなくなり、さらにS/N比並びに濃度測定精度を向上させることが可能となる。

【0229】（第15の実施の形態：請求項14に対応）図24は、本実施の形態による電磁波式濃度測定装置の概要構成例を示す図であり、図22と同一要素には同一符号を付してその説明を省略し、ここでは異なる部分についてのみ述べる。

【0230】すなわち、本実施の形態の電磁波式濃度測定装置では、前述した第14の実施の形態における電磁波送受信器としてスパイラルアンテナを円錐状に形成した円錐スパイラルアンテナ24を用いる構成としている。

【0231】図25は、円錐スパイラルアンテナ24の一般的構成例を示す図である。

【0232】元々のスパイラルアンテナは、渦巻き面に対して表側と裏側の両方に指向性を有する双指向性アンテナであるが、電磁波式濃度測定装置には一方向に指向性を有する単指向性アンテナが望ましい。この場合、スパイラルアンテナを円錐状に形成することにより、単指向性の円錐スパイラルアンテナを実現することができる。

【0233】以上のように構成した本実施の形態の電磁波式濃度測定装置においては、電磁波送受信器として円錐スパイラルアンテナ24を用いていることにより、前記第14の実施の形態で説明したスパイラルアンテナ23を用いたことによる作用を奏するのに加えて、スパイラルアンテナに単指向性を与えることができるため、電磁波送受信強度を上げることができ、S/N比を向上することができる。

【0234】上述したように、本実施の形態の電磁波式濃度測定装置では、被測定物質1の誘電率が被測定物質1の温度や測定対象物の濃度によって変化する場合にも、小型で軽量かつ安価な点を維持しつつ、安定して測定を行なうことが可能となるばかりでなく、広い周波数範囲で使用することができ、使用周波数の調整を行なう必要がなくなり、さらにS/N比の低下による測定精度の悪化を防止して、安定した濃度測定を行なうことが可能となる。

【0235】（第16の実施の形態：請求項15に対応）図26は、本実施の形態による電磁波式濃度測定装置の概要構成例を示す図であり、図22と同一要素には同一符号を付してその説明を省略し、ここでは異なる部分についてのみ述べる。

【0236】すなわち、本実施の形態の電磁波式濃度測定装置では、前述した第14の実施の形態における電磁波送受信器としてスパイラルアンテナをマイクロストリップアンテナとして構成したマイクロストリップスパイラルアンテナ25を用いる構成としている。

【0237】図27は、マイクロストリップスパイラルアンテナ25の一般的構成例を示す図である。

【0238】マイクロストリップスパイラルアンテナ25は、図27に示すように、マイクロストリップ基板状に導体面をスパイラルアンテナとして形成して実現することができる。このようにマイクロストリップ基板上にスパイラルアンテナを構築すると、通常のスパイラルアンテナと異なり、裏面に対する指向性を有しない。そのため、単指向性のスパイラルアンテナを構成することができる。

【0239】以上のように構成した本実施の形態の電磁波式濃度測定装置においては、電磁波送受信器としてマイクロストリップスパイラルアンテナ25を用いていることにより、前記第14の実施の形態で説明したスパイ

ラルアンテナ 23 を用いたことによる作用を奏するのに加えて、スパイラルアンテナに単指向性を与えることができるため、電磁波送受信強度を上げることができ、 S/N 比を向上することができる。

【0240】また、アンテナが小型であり、装置全体をコンパクトに構成することができる。

【0241】上述したように、本実施の形態の電磁波式濃度測定装置では、被測定物質 1 の誘電率が被測定物質 1 の温度や測定対象物の濃度によって変化する場合には、小型で軽量かつ安価な点を維持しつつ、安定して測定を行なうことが可能となるばかりでなく、広い周波数範囲で使用することができ、使用周波数の調整を行なう必要がなくなり、さらに S/N 比の低下による測定精度の悪化を防止して、安定した濃度測定を行なうことが可能となる。

【0242】

【発明の効果】以上説明したように、本発明の電磁波式濃度測定装置によれば、電磁波伝搬時の誘電体境界で生じる反射を抑えて、電磁波受信強度を上げるようにしているので、 S/N 比の低下による測定精度の悪化を防止して安定した濃度測定を行なうことが可能となる。

【0243】また、電磁波の指向性を制御するようにしているので、被測定物質への電磁波伝搬範囲を使用目的に応じて制御することができ、また電磁波送受信器の寸法を小さくすることにより、装置を小型化することが可能となる。

【0244】さらに、偏波方向の異なる散乱電磁波を受信しないようにしているので、 S/N 比並びに濃度測定精度を向上させ、また広い周波数範囲で使用することができ、さらに使用周波数の調整を行なう必要がなくなる。

【0245】以上により、異種誘電体境界で発生する反射を低減するための各種手段を施すようにしているので、受信強度が増加し、高精度かつ安定性の高い電磁波式濃度測定装置を得ることができ、また電磁波送受信器に高精度、単指向性、小型化、広帯域のための各種手段を施すようにしているので、従来よりも性能の高い電磁波式濃度測定装置を得ることができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】本発明による電磁波式濃度測定装置の第 1 の実施の形態を示す構成図。

【図 2】本発明による電磁波式濃度測定装置の第 2 の実施の形態を示す構成図。

【図 3】本発明による電磁波式濃度測定装置の第 3 の実施の形態を示す構成図。

【図 4】本発明による電磁波式濃度測定装置の第 4 の実施の形態を示す構成図。

【図 5】多層マイクロストリップアンテナの一般的構造を示す図。

【図 6】本発明による電磁波式濃度測定装置の第 5 の実

施の形態を示す構成図。

【図 7】本発明による電磁波式濃度測定装置の第 6 の実施の形態を示す構成図。

【図 8】本発明による電磁波式濃度測定装置の第 7 の実施の形態を示す構成図。

【図 9】本発明による電磁波式濃度測定装置の第 8 の実施の形態を示す構成図。

【図 10】多層マイクロストリップアンテナの典型的リターンロス特性を示す図。

【図 11】本発明による電磁波式濃度測定装置の第 9 の実施の形態を示す構成図。

【図 12】本発明による電磁波式濃度測定装置の第 10 の実施の形態を示す構成図。

【図 13】本発明による電磁波式濃度測定装置の第 11 の実施の形態を示す構成図。

【図 14】自己補対アンテナの一般的形状を示す図。

【図 15】本発明による電磁波式濃度測定装置の第 12 の実施の形態を示す構成図。

【図 16】理想的自己補対アンテナのリターンロス特性を示す図。

【図 17】現実の自己補対アンテナの一般的リターンロス特性を示す図。

【図 18】本発明による電磁波式濃度測定装置の第 13 の実施の形態を示す構成図。

【図 19】スパイラルアンテナの一般的構造を示す図。

【図 20】円錐スパイラルアンテナの一般的構造を示す図。

【図 21】マイクロストリップスパイラルアンテナの一般的構造を示す図。

【図 22】本発明による電磁波式濃度測定装置の第 14 の実施の形態を示す構成図。

【図 23】従来方式による電磁波式濃度測定装置の概要を示す構成図。

【図 24】本発明による電磁波式濃度測定装置の第 15 の実施の形態を示す構成図。

【図 25】誘電体境界面による反射を説明するための模式図。

【図 26】本発明による電磁波式濃度測定装置の第 16 の実施の形態を示す構成図。

【図 27】従来方式の電磁波式濃度測定装置における電磁波送受信器の典型的リターンロス特性を示す図。

【図 28】 $1/4$ 波長板の原理を説明するための模式図。

【図 29】マイクロストリップアンテナの一般的構造を示す図。

【図 30】円偏波マイクロストリップアンテナの一般的素子パターンを示す図。

【符号の説明】

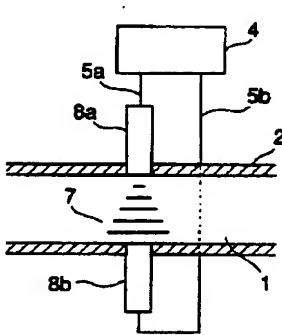
1…被測定物質、

2…測定管、

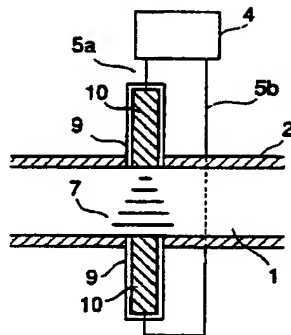
3a, 3b...電磁波透過窓、
 4...変換手段、
 5a, 5b...導波路、
 6a...送信アンテナ、
 6b...受信アンテナ、
 7...透過電磁波、
 8a, 8b...誘電体導波路、
 9...金属導波管、
 10...誘電体、
 11...金属板、
 12...1/4波長板、
 13...誘電体ロッド、
 14...電磁ホーン、
 15...誘電体レンズ、
 16...マイクロストリップアンテナ、

17...誘電体板、
 18...円偏波アンテナ、
 19...円偏波、
 20...円偏波マイクロストリップアンテナ、
 21...多層マイクロストリップアンテナ、
 22...自己補対アンテナ、
 23...スパイラルアンテナ、
 24...円錐スパイラルアンテナ、
 25...マイクロストリップスパイラルアンテナ、
 101...接地導体層、
 102...誘電体層、
 103...アンテナ素子層、
 104...同軸ケーブル、
 105...第2誘電体層、
 106...導体層。

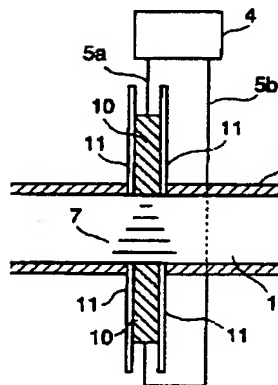
【図1】



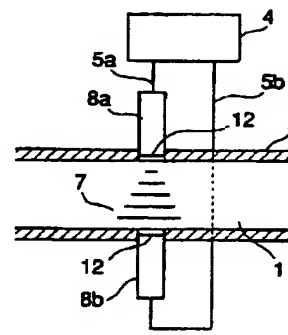
【図2】



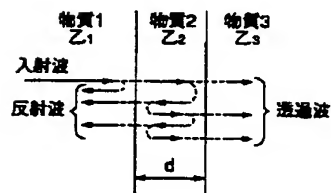
【図3】



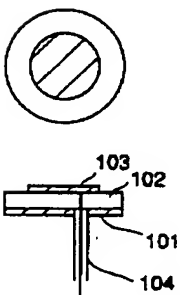
【図4】



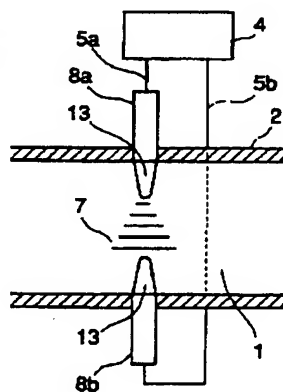
【図5】



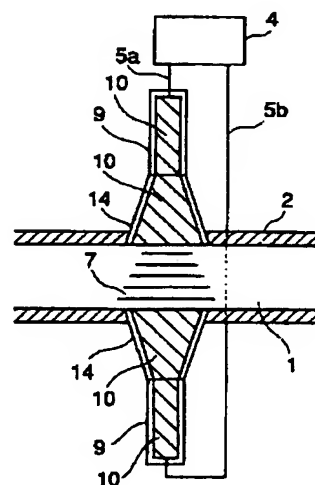
【図10】



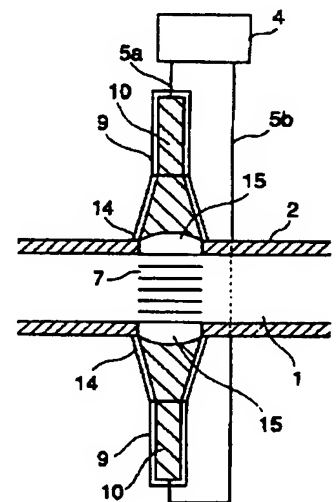
【図6】



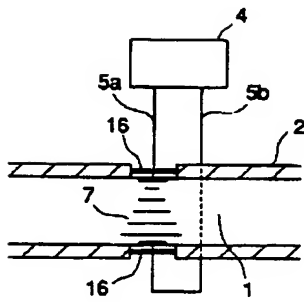
【図7】



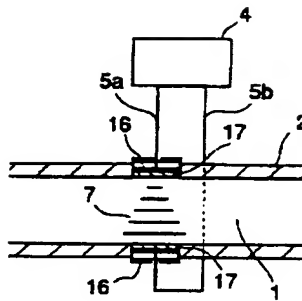
【図8】



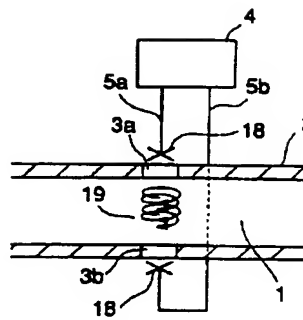
【図9】



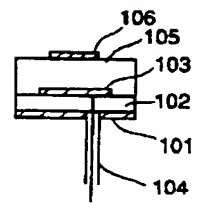
【図11】



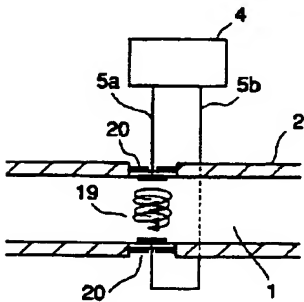
【図12】



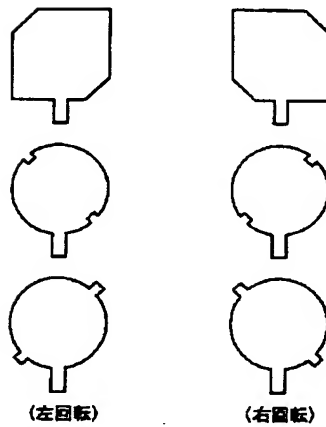
【図16】



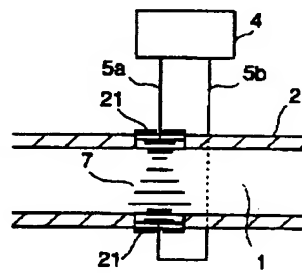
【図13】



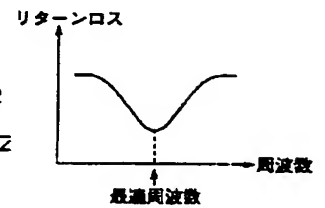
【図14】



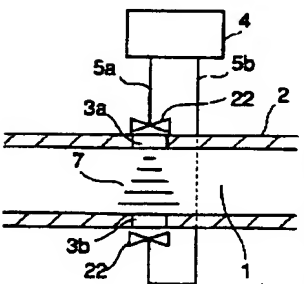
【図15】



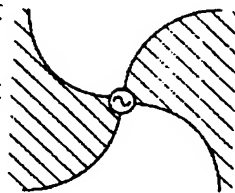
【図17】



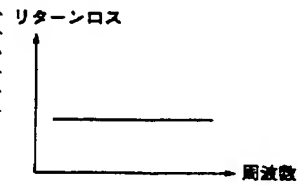
【図18】



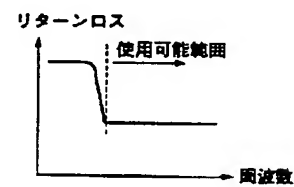
【図19】



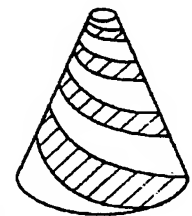
【図20】



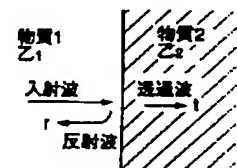
【図21】



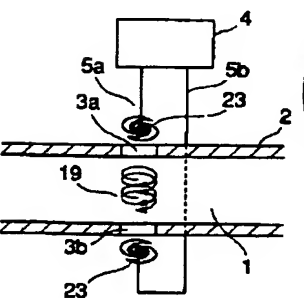
【図25】



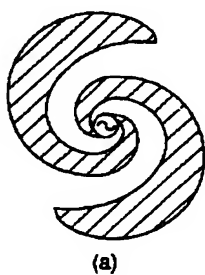
【図29】



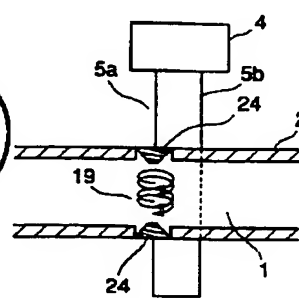
【図22】



【図23】



【図24】



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☒ FADED TEXT OR DRAWING
- ☒ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☒ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☒ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.